

РОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ГЕОГРАФИЯ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА:
ИССЛЕДУЯ НОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЯ НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

УДК 911.3

ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ПОСЛЕДСТВИЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛЕВОЙ СТРУКТУРЫ
ХОЗЯЙСТВА РЕГИОНОВ И ГОРОДОВ РОССИИ В 2000–2020 гг.

© 2022 г. В. Р. Битюкова*

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

*e-mail: v.r.bitjukova@geogr.msu.ru

Поступила в редакцию 05.01.2022 г.

После доработки 16.01.2022 г.

Принята к публикации 22.02.2022 г.

Рассматривается трансформация экологической обстановки в ходе постсоветских изменений хозяйственной жизни в России с позиций структурных особенностей и динамики производства промышленной продукции, ВРП и энергоёмкости. Выполнена полимасштабная (страна—регионы—города) комплексная оценка трансформации экологической ситуации, обусловленной изменениями в территориальной и отраслевой структуре экономики России, ее регионов и городов. Выявлены факторы и пространственно-временные закономерности в динамике и структурных характеристиках экологической ситуации в периоды кризисов и роста экономики. На основе комплексного индекса антропогенного воздействия оценена динамика и вариативность экологической ситуации в регионах и городах России: выявлено общее снижение большинства экологических индикаторов, постепенное выравнивание региональных пропорций и усиление локализации воздействия в отдельных городах на фоне общего замедления темпов экономического роста. Показано постепенное ослабление роли промышленной специализации в формировании экологической обстановки, упрощение структуры видов воздействия внутри регионов. Наибольший уровень рассогласования тенденций экономического развития и интегрального показателя нагрузки характерен для регионов с наибольшим уровнем воздействия; наибольшая степень зависимости характерна для аграрных или агропромышленных регионов, а также для регионов, где один из ключевых источников загрязнения — топливная энергетика с преобладанием угля в структуре топливного баланса. В целом тренды изменения экологической ситуации в регионах более сглаженные, нежели в городах. Чем более диверсифицирована экономика региона, тем меньше диапазон колебания комплексного индекса антропогенного воздействия; чем более развито крупногородское расселение, тем сложнее и разнообразнее факторы региональной экологической ситуации.

Ключевые слова: регионы и города России, динамика комплексной оценки антропогенного воздействия, промышленное загрязнение, экология города

DOI: 10.31857/S2587556622030050

ВВЕДЕНИЕ

В постсоветский период в России существенные социальные, экономические, политические, институциональные и технологические изменения стали фоном для изменения антропогенного воздействия (АВ) на природный комплекс и здоровье населения отдельных территорий страны. Возникли новые условия формирования экологической ситуации, обусловленные переходом от плановой экономики к рыночной, интеграцией России в глобальную экономику и усилением зависимости от мировых экономических циклов. Роль технологических факторов постепенно снижалась, а роль структурных сдвигов в промышленности возрастала, так как максимальное сокращение объемов производства произошло в относи-

тельно высокотехнологичных перерабатывающих отраслях экономики. Усилившаяся сырьевая специализация экономики привела к росту антропогенной нагрузки в регионах добывающей промышленности, а в крупнейших городах важным фактором антропогенной нагрузки стал быстрый рост автомобилизации. Институциональные механизмы постепенно начали влиять на формирование экологической ситуации территорий, экологические платежи несколько стимулировали экологизацию хозяйственной деятельности.

Экономико-географический подход к исследованию АВ на окружающую среду базируется на комплексном анализе и оценке не только собственно экологических проблем территории, но и их причин, важное место среди которых занимают

динамика и структурные трансформации в материальном производстве. Данный подход позволяет провести сравнительное исследование экологических и социально-экономических функциональных и территориальных структур, выявить роль географической дифференциации хозяйственной деятельности в формировании территориальных различий в характере и интенсивности АВ на окружающую среду. В совокупности с различиями в устойчивости различных типов природных ландшафтов к АВ это приводит к формированию территориальной неоднородности экологической ситуации. Исследование данных факторов позволяет построить не только констатирующую, но и объясняющую модель.

Помимо анализа воздействия ключевых факторов, а также трендов экологической ситуации необходима комплексная оценка трансформации эколого-экономической ситуации, обусловленной изменениями в отраслевой и территориальной структуре экономики регионов. Такого рода комплексная оценка служит основой для повышения эффективности инвестиционных затрат в охрану окружающей среды.

Особую роль в формировании территориально дифференцированной экологической ситуации играют города, которые отличаются не только высокой концентрацией населения, экономических функций, капитала, инфраструктуры, но и источников загрязнения всех природных компонентов. Поиск и разработка адекватных индикаторов экологической ситуации в городах для выработки приоритетов экологической политики, согласованных мер по решению экологических и экономических проблем на основе комплексного подхода способствует эффективному управлению экологической ситуацией.

ИЗУЧЕННОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Экологическая проблематика начала постепенно включаться в экономико-географические исследования более 50 лет назад на фоне увеличения масштабов АВ и усиления внимания к среде обитания. Заложенные в этот период концептуальные подходы в трех основных направлениях продолжают и до настоящего времени.

1. *Осознание роли экологического фактора в развитии территориально-хозяйственных систем* легло в основу последующего методического развития в этой области, развивались представления об экологической ситуации как следствии экономического развития; экологический фактор вводился в критерии районирования. Представления начала 1970-х о том, что не только природные, но и экологические факторы необходимо учитывать при выделении районов (Комар, 1975; Минц, 1972; Саушкин, 1973) получили существенное

развитие, когда оценка взаимодействия между производственными, расселенческими, социальными, инфраструктурными и природными компонентами легла в основу развития эколого-экономического районирования (Приваловская, 1983; Приваловская, Рунова, 1994; Разумовский, 1989; Чистобаев, Шарьгин, 1990). Затем на основе концепции прямого и обратного ресурсопользования как загрязнения окружающей среды были разработаны балансовые эколого-экономические модели промышленных узлов (Бакланов, 2007).

В переходный период геоэкологические последствия смены типа природопользования, в том числе под влиянием усилившейся ресурсной ориентации экономики, примитивизации аграрного комплекса и утяжеления структуры обрабатывающей промышленности глубоко исследовались на уровне страны и ее регионов (Клюев, 2015); анализировалось усиливавшееся влияние нефтегазодобычи на экологическое состояние регионов (Битюкова, Чижова, 2006; Солодовников, Чистобаев, 2011).

Рассмотрение проблемы влияния экономической динамики на экологическую ситуацию стран, регионов и городов вписывается в международный контекст исследований. Доминировавшее в научном и общественном дискурсе 1970-х годов представление об экономическом росте как наиболее эффективном средстве решения как социальных, так и экологических проблем, постепенно вытеснялось представлением об оптимальном уровне экономического развития, при котором ущерб окружающей среде будет минимальным (Yandle et al., 2002). Возникло понимание, что минимизация негативного воздействия на природу тесно связана именно с изменением структуры хозяйства, увеличением энергоэффективности (Gómez-Calvet et al., 2014), при переходе к осознанному учету экологического фактора в постиндустриальной экономике (Лопатников, 2013). И в российских, и в зарубежных исследованиях подчеркивается, что кризисы в экономике способствуют усилению АВ и наименее эффективному его сценарию (Бобылев, Захаров, 2009; Hollander, 2003).

В последние годы в качестве одного из важнейших критериев развития “зеленой” экономики признано рассогласование темпов экономического роста и потребления ресурсов или загрязнения природной среды. Оно оценивается путем расчета эффекта декаплинга (D_t), когда выбросы и стоки увеличивались в разы медленнее, чем промышленное производство (Nagvi and Zwickl, 2017).

$$D_t = 1 - \frac{E_t/Y_t}{E_0/Y_0},$$

где E_0 и E_t – показатели, характеризующие негативное воздействие на окружающую среду в базовом

вом и текущем периодах (объем выбросов, сточных вод, отходов, объем водопотребления); Y_0 и Y_t – ВВП в сопоставимых ценах 2005 г. в базовом и текущем периодах соответственно. Положительное значение D_t свидетельствует о том, что увеличение добавленной стоимости сопровождается снижением нагрузки на природную среду, а отрицательная величина указывает на отсутствие эффекта декаплинга. Эффект декаплинга по отдельным показателям загрязнения рассчитывался для регионов стран постсоветского пространства (Bityukova and Shimunova, 2021) и регионов России (Пакина, Кириллов, 2017), но не использовался пока для анализа интегральных показателей антропогенного воздействия.

2. В области оценки *территориальной неоднородности АВ* важнейшим импульсом для формирования представления о различиях в масштабах влияния стала концепция эколого-географического положения (Клюев, 1996), заложившая основу для дальнейшего развития представлений о территориальной структуре загрязнения, как совокупности определенным образом взаимосвязанных и взаимосвязанных элементов воздействия на окружающую среду, с присутствующими им пространственной координацией, неразрывной взаимосвязью между собой и между прочими структурами – промышленной, природной среды, расселения. После распада СССР взаимовлияние территорий, положенное в основу данной концепции, стало еще актуальнее, так как единый хозяйственный комплекс большой страны был разделен государственными границами и экологический фактор приобрел геополитический оттенок. В данной области предпринимались попытки интегральной оценки региональных различий в уровнях АВ на основе статистического анализа, но с разным набором индикаторов (Bityukova, 2021; Тикунов, Белоусов, 2021).

3. *Усиление социальной направленности в оценке экологической ситуации*, представление о человеке как главном реципиенте АВ, развитие социальной экологии и экологии человека (Прохоров, 1991) стали научной основой для включения проблемы устойчивого развития в экономико-географические исследования, разработки интегральных индексов и оценки рисков устойчивого развития регионов (Волкова, Приваловская, 2010). Особое место в этой тематике заняли *оценки устойчивого развития городов* с помощью интегральных показателей, совмещающих измерение экономического роста, обеспечения социального благополучия при минимизации экологических экстерналий. Ответом на запросы в оценке качества экономического роста в городах в разные периоды стали разрабатываемые индексы качества жизни, инклюзивного развития, smart city и пр. (The Green ..., 2012). В зарубежных рейтингах большую роль играют индикаторы, оцениваю-

щие экологичность городской инфраструктуры в целом: удобство общественного транспорта и насколько жители мотивированы использовать его или велосипеды вместо автомобилей, стандарты энергоэффективности для зданий, использование возобновляемых источников энергии для уличного освещения, наличие системы раздельного сбора и переработки отходов, а также индикаторы, показывающие политику властей по продвижению экологичного образа жизни и общественное участие (Arbab, 2017; Mori, 2014).¹

В целом *экологические проблемы городов и систем расселения* стали приоритетными во многих экономико-географических исследованиях и проводились на разных территориальных уровнях. Их можно разделить на крупномасштабные исследования внутригородских различий экологического состояния городской среды (в данном обзоре не рассматриваются, поскольку это отдельное направление исследований) и мелко-масштабные оценки, выявляющие различия между городами. Последние часто завершаются построением рейтингов городов на основе оценки загрязнения от отдельных источников либо интегральных индексов.

Покомпонентные оценки рассматривают либо отдельные виды АВ, определенный тип источников воздействия, либо состояние отдельных городских подсистем (воздушной среды, почв, растительности). Для многих стран мира выявлено, что роль топливной энергетики является определяющей особенно при использовании угля. Это связано с тем, что при использовании угля в топливном балансе электростанций и отопительных систем более трети выбросов составляют твердые частицы золы, содержащие комплекс микроэлементов, цветных металлов, в том числе токсичных (Расуна et al., 2010; The World ..., 2008). Выбросы этого наиболее опасного компонента зависят от качества угля и принятых стандартов очистки дымовых газов на тепловых электростанциях (Kumar and Jain, 2010; Tian et al., 2014). В целом, ведущее значение выбросов в атмосферу для формирования повышенных уровней загрязнения атмосферы было доказано для 80% городов России (Bityukova and Kasimov, 2012) и для городов в 9 регионах США (McHale et al., 2021).

Комплексные оценки экологической ситуации с помощью интегральных индексов в зарубежных исследованиях нацелены в первую очередь на то, чтобы оценить привлекательность исследуемых объектов и показать основные факторы их успеха. Различия в подходах к экологическим индикаторам в российских и зарубежных исследованиях обусловлены их задачами и целевыми аудитория-

¹ См. также: Sustainable Society Index 2014. The Sustainable Society Foundation, 2014. <http://www.ssfindex.com/ssi2016/wp-content/uploads/pdf/SSI2014.pdf>.

ми. В российских экологических рейтингах обычно используются показатели АВ, а в зарубежных рейтингах применяются показатели последствий (например, концентрация веществ в среде), чтобы продемонстрировать инвесторам, где более благоприятная ситуация. Российские рейтинги направлены на то, чтобы выявить проблему и стимулировать “самых отстающих” к ее решению. Поэтому нацелены они в большей степени на лиц, принимающих административно-хозяйственные решения, а не на инвесторов и жителей городов.

Среди недостатков международных рейтингов, который отмечают почти все составители, — плохо сопоставимые статистические данные по городам разных стран из-за отсутствия единой методики их сбора и обработки (Добролюбова, 2015). Зарубежные рейтинги в основном рассматривают крупнейшие города; при этом практически нет сравнительных оценок для городов других рангов, особенно в глобальных исследованиях. В России это направление представлено рейтингами экологического состояния всех городов России (Битюкова, 2015) и столиц постсоветских стран (Колдобская, 2014).

Таким образом, в целом вектор развития экологического направления экономико-географических исследований направлен от общих концепций сбалансированного развития территориальных социально-экономических систем к разработке конкретных методик, позволяющих полноценно оценить территориальную дифференциацию экологических последствий экономического развития, от частных индикаторов к построению интегральных индексов, от регионального к городскому уровню.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В РЕГИОНАХ РОССИИ

Предлагаемый комплексный индекс антропогенного воздействия (ИАВ) рассчитан по методике, основанной на использовании только открытых статистических данных, публикуемых федеральными структурами. Использование официальной статистики позволяет избежать дискуссионных показателей, для расчета которых требуются специальные исследования, дает возможность без дополнительных затрат обновлять индекс (Витюкова, 2021).

Выбор индикаторов для оценки уровня воздействия в регионах, основанный на принципах системности, достоверности и статистической обеспеченности, выраженной территориальной дифференциации и наличия четко интерпретируемой динамики, осуществлялся по видам воздействия:

— на атмосферу (плотность выбросов в атмосферу от всех типов источников, коэффициент токсичности выбросов)²;

— на водные ресурсы (удельное водопотребление и стоки в расчете на ресурсы поверхностного стока, доля загрязненных сточных вод)³;

— на земельные ресурсы (плотность размещения отходов, доля нарушенных земель промышленности)⁴;

— аграрного комплекса (доля пашни, мелиорированных земель, плотность поголовья скота, внесение минеральных, органических удобрений и пестицидов, поголовье скота)⁵;

— на лесные ресурсы (объем заготовленной древесины относительно запасов, вырубки расчетной лесосеки, доля лесопокрытой площади, погибшей от пожаров и болезней)⁶;

— радиационное воздействие, являющееся результатом глобального загрязнения окружающей среды техногенными радионуклидами, обусловленного проводившимися испытаниями ядерного оружия, авариями на ядерных объектах и влиянием современного ядерного топливного цикла (доля жителей в зонах радиоактивного загрязнения, плотность загрязнения радионуклидами почвы, лесов и местности, территории предприятий Минатома, сбросы радионуклидов с дебалансными водами на АЭС, среднесуточные газоаэрозольные выбросы на АЭС долгоживущих радионуклидов)⁷.

Поскольку для оценки применялись только относительные, в основном плотностные, характеристики воздействия, то федеральный город и окружающий регион рассматривались вместе: Москва — с Московской областью, Санкт-Петербург — с Ленинградской, Севастополь — с Республикой Крым. Необходимость такого объединения обусловлена двумя обстоятельствами. С содержа-

² Основные показатели окружающей среды: Стат. бюл. М.: Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 1997, 1999, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021. <http://www.gks.ru> (дата обращения 10.05.2021); Охрана окружающей среды в России: Стат. сб. М.: Госкомстат России, 2001, 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2016, 2018, 2020. <http://www.gks.ru>.

³ База данных Федерального агентства водных ресурсов. http://voda.mnr.gov.ru/doc_1139918730234 (дата обращения 02.07.2021); Государственный доклад “О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2008–2020 гг.”. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. М.: Минерал-Инфо, 2009–2020. https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_doklady/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_vodnykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 10.05.2021).

⁴ База данных Росприроднадзора (Федеральная служба по надзору в сфере природопользования). <http://grp.gov.ru/orpendata> (дата обращения 08.07.2021); Основные показатели окружающей среды: Стат. бюл. М.: Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 1997, 1999, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021. <http://www.gks.ru> (дата обращения 10.05.2021).

тельной точки зрения АВ городов распространяется на прилегающие территории (водопотребление, отведение сточных вод, размещение отходов, воздействие на лесные ресурсы, которое в значительной степени определяется потоками рекреантов). В то же время на территории городов нет аграрного воздействия и нагрузки на лесные ресурсы, что при расчете необоснованно снижает минимальное значение при нормировании показателей по регионам и как следствие заметно ухудшает дифференцирующие способности индекса. Важным доводом в пользу такого объединения является также изменение границ Москвы и Санкт-Петербурга в рассматриваемый период, что ухудшает сопоставимость временных рядов.

Для того чтобы оценить реальный рост/снижение АВ по каждому индикатору и в целом необходимо нормировать показатели, ориентируясь на стабильные референтные точки. В показателях доли обеспеченности использован диапазон от 0 до 100%, но для показателей, не имеющих ограничения, единственный способ определения референтных точек — экспертные оценки (UI Нац, 1995). С учетом того, что большинство показателей уровня АВ снизились по сравнению с предыдущим периодом, в качестве референтных точек были приняты максимальные значения за предыдущий период (1990–2000 гг.), что позволяет распределить регионы относительно уровня предыдущего периода.

Для городов предлагаемая структура комплексного индекса аналогична системе индикаторов для регионов, но воздействие аграрного и лесного комплексов исключалось. С учетом специфики формирования АВ в городской среде, напротив, были включены показатели *плотности населения, дорожной сети и застройки*. Воздействие населения на окружающую среду проявляется как непосредственно (без посредничества технологических процессов, например рекреационная нагрузка), так и опосредованно (через хозяйственную деятельность). Вместе с тем показатели плотности населения во многом характери-

зуют степень риска воздействия, ибо показывают в конкретных условиях, какая часть населения испытывает эти нагрузки. Для города также показательны плотность застройки и плотность транспортной сети, определяющие как прямое воздействие на почвы и геологическую среду, так и условия продувания территории, т.е. частично потенциал самоочищения.

Интенсивность теплового воздействия определяет наличие в городе высоко- и среднеконтрастных тепловых аномалий с превышением температуры над фоном более 10°C, связанных преимущественно с промышленными объектами и интенсивными тепловыми утечками из подземных водонесущих коммуникаций. Она характеризуется плотностью тепловых и паровых сетей, удельным отпуском тепловой энергии потребителям за год (Гкал/чел), а также числом людей на один источник теплоснабжения⁸.

Комплексный индекс рассчитывался как сумма средних значений нормированных методом линейного масштабирования показателей по блокам (видам воздействия). При крайне высоких различиях, искажающих итоговый индекс, применялась процедура логарифмирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статистический анализ показал, что, несмотря на то, что основное снижение большинства частных индикаторов экологического состояния и ИАВ произошло в предыдущий период системного кризиса 1990-х годов, снижение уровня воздействия продолжилось в 55 регионах, но темпы снижения существенно замедлились. В целом для страны основными факторами изменения стали потребление электроэнергии, потребление топливных ресурсов (коэффициент корреляции с ИАВ 0.66), динамика промышленного производства и ВВП (0.4–0.42). Напротив, отрицательный коэффициент корреляции наблюдался с энергоемкостью ВВП, объемом нефинансовых инвестиций, объемом инвестиций, направленных на охрану окружающей среды. По регионам наблюдалась определенная степень зависимости изменения ИАВ от объемов производства трех ведущих видов экономической деятельности, на которые приходится свыше 80% выбросов, водопотребления и сточных вод, свыше 90% отходов — добыча топливно-энергетических полезных ископаемых, производство электроэнергии и металлургия.

⁵ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации». МПР, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020. <http://www.ecogosdoklad.ru/> (дата обращения 10.05.2021). Основные показатели сельского хозяйства в России, 2021. Росстат. http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/statistics/publications/catalog/doc_1140096652250 (дата обращения 11.07.2021).

⁶ База данных Федерального агентства лесного хозяйства: Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). <https://www.fedstat.ru/indicator/37850> (дата обращения 10.07.2021).

⁷ Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2020 году: Ежегодник. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) ФГБУ НПО «Тайфун». Обнинск, 2021. <http://egasmrfo.ru/ru/data> (дата обращения 11.07.2021).

⁸ База данных показателей муниципальных образований. Охрана окружающей среды Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2021. <http://www.gks.ru> (дата обращения 20.10.2021).

Таблица 1. Группы регионов по уровню ИАВ

Уровень ИАВ	Доля регионов (%)	Доля группы регионов в общероссийском показателе (%):				Энергоемкость ВРП (кг у.т. на 10 тыс. руб.)**
		численность населения	объем отгруженных товаров собственного производства	потребление электроэнергии**	ВРП в ценах 2000 г.	
Очень высокий	10/10*	22/24	26/28	22	38/33	283.1
Высокий	21/26	29/34	32/34	35	26/32	218.5
Средний	39/39	30/29	25/23	28.1	23/26	193
Умеренный	22/19	13/10	11/9	11.3	10/8	169.5
Низкий	8/5	2/1	6/4	3.5	2/2	206.9

Примечание. * Здесь и далее 2000/2020 г.; ** 2020 г.

Рассчитано автором по данным статистической отчетности, баз данных федеральных органов, перечисленных выше.

Типология регионов по комплексному индексу антропогенного воздействия

Различия между регионами по комплексному индексу составляют 5.5–6 раз. Регионы в верхней части рейтинга характеризуются повышенной энергоемкостью ВРП, и их вклад в ВРП и промышленное производство превышает их долю в населении страны (табл. 1).

По ИАВ выделяются 5 групп регионов, которые немного менялись в разные годы. Ядра экологической напряженности, неравномерно распределенные по территории России, сохраняются весь рассматриваемый период. Это Челябинская, Свердловская, Кемеровская, Московская и Ленинградская области. Во всех федеральных округах России есть области с высокой степенью АВ, выделяющиеся по сравнению с другими. По плотности воздействия более равномерно распределяется нагрузка в староосвоенных регионах, локализована она за Уралом, в целом региональные различия сглажены (рис. 1).

В группу с *очень высоким уровнем ИАВ* стабильно попадают пять регионов с развитой тяжелой промышленностью: Челябинская, Липецкая, Белгородская, Кемеровская области и Красноярский край. В последние годы в этой группе также Московский столичный регион. Москва, Санкт-Петербург и пристоличные области значительно сократили выбросы от автотранспорта в результате как объективных позитивных процессов, так и изменения методики учета выбросов от передвижных источников. В регионах данной группы производится 25% промышленной продукции и около 40% суммарного ВРП страны, здесь самый высокий уровень энергоемкости ВРП.

Ведущие факторы воздействия в них – загрязнение атмосферы (во всех регионах промышленное, в столице – автотранспортное), водного бассейна и образования отходов. Уровень воздействия на атмосферу превышает среднероссийский в 2–4.5 раза: максимально в Красноярском крае, мини-

мально в Челябинской области, это единственный среди регионов-лидеров, сокративший объем выбросов в 2000–2020 гг. в два раза. Вероятно, существенное сокращение именно воздушного загрязнения позволило Челябинской области улучшить свои позиции в рейтинге, поскольку многие годы регион лидировал по ИАВ. В Красноярском крае и Липецкой области атмосферное загрязнение было стабильным, а в Московском регионе и Кемеровской области росло. Субиндексы воздействия на водные ресурсы и аграрного воздействия выше среднего по стране в четырех регионах (кроме Красноярского края), а на земельные ресурсы – в трех (за исключением Московского региона и Липецкой области). Выделяется радиационное загрязнение Челябинской области и Красноярского края.

Группа регионов с *высоким уровнем ИАВ* устойчива лишь на 40%. В эту группу в разные годы входят 15–19 регионов страны, в которых проживает 20–32% населения и производится 15–35% промышленной продукции и суммарного ВРП, а также потребляется 35% электроэнергии. Именно данная группа заметно расширяется в годы кризисов, ее вклад в суммарный ВРП увеличивается примерно на 6%. Стабильное ядро данной группы – это регионы сбалансированного воздействия промышленности и аграрного комплекса: Краснодарский край, Тульская, Курская, Воронежская, Оренбургская области и Республика Башкортостан. К ним территориально примыкают агропромышленные регионы Урало-Поволжья, Черноземья и юга России, снижающие уровень воздействия в кризисные годы, например Ставропольский край, Татарстан и Самарская область, или увеличивающие его в периоды роста, как Свердловская область. В этой группе большинство показателей превышает среднероссийский уровень в 1.5–2 раза, за исключением нагрузки на лесные ресурсы в регионах, где лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность является отраслью специализа-

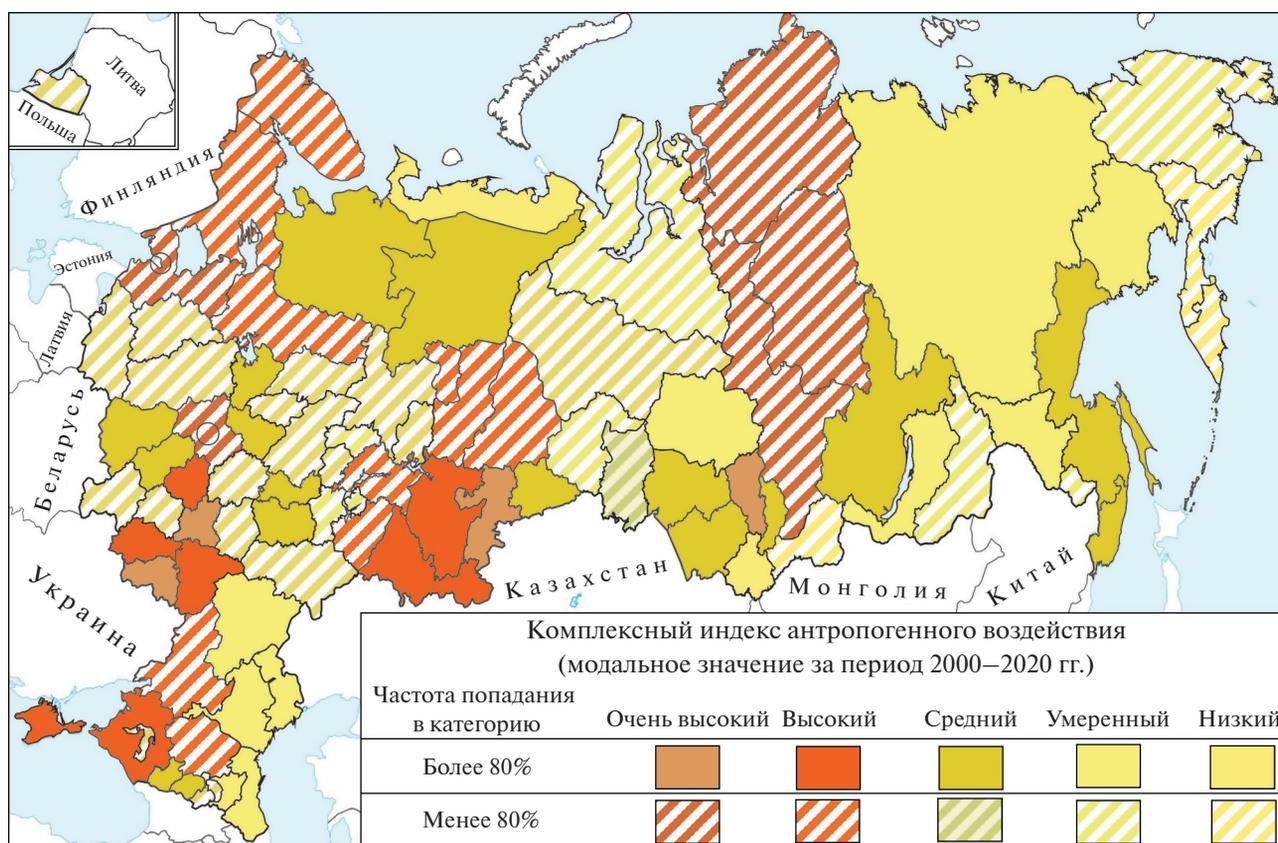


Рис. 1. Комплексный индекс антропогенного воздействия для регионов России, 2000–2020 гг.

ции (Республика Карелия, Вологодская область, Пермский край).

Средний уровень ИАВ в 2000-е годы был характерен для 42% очень разных регионов страны, вклад которых в численность населения, объем производства промышленной продукции и суммарного ВРП почти в два раза ниже, чем доля в общем числе регионов. Устойчивое ядро данной группы составляет всего треть регионов, это регионы с разнообразной обрабатывающей промышленностью, в основном машиностроительной специализации (в Центральном и Волго-Вятском экономических районах), агропромышленным комплексом, экспортоориентированные нефтедобывающие. Главное отличие данной группы от двух предыдущих в том, что ведущими являются два, редко три фактора, один из которых – воздействие на водные ресурсы в сочетании с повышенным уровнем влияния аграрного комплекса (Алтайский край, Республика Мордовия, Калининградская, Орловская, Курганская, Тамбовская, Пензенская области). Воздействие на воздушный бассейн, которое формируется в результате выбросов от сжигания попутного газа, и на водные ресурсы формирует экологическую ситуацию в Ханты-Мансийском автономном округе и Республике Коми. В боль-

шинстве регионов данной группы формируются отдельные ареалы высокой плотности выбросов. Интенсивность воздействия на леса выше, чем в среднем по стране, – в Архангельской, Тюменской областях, Хабаровском и Алтайском краях, Республике Марий Эл и Чувашии.

Умеренный уровень ИАВ характерен в разные годы для 14–21 регионов страны, в которых проживает 10–17% населения, их вклад в производство промышленной продукции, суммы ВРП и энергопотребления меньше в 1.5 раза и не превышает 11%. Стабильное ядро данной группы составляют регионы, в которых большая часть показателей ниже среднероссийского уровня. Антропогенная нагрузка формируется почти в равной степени всеми факторами на низком уровне. Исключение составляет высокий уровень нагрузки на лесные ресурсы в Бурятии, Якутии, Еврейской автономной области и Забайкальском крае, иногда в сочетании с радиационным воздействием от предприятий ядерного топливного цикла. Данная группа максимально сокращается в кризисные годы из-за регионов с высоким воздействием аграрного комплекса, например, Волгоградской, Астраханской областей, республик Дагестан, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария, Ингушетия.

Группа регионов с *низким уровнем ИАВ* наиболее стабильна, в ней всего 6 регионов, в которых проживает 4.5% населения, производится 5.8% промышленной продукции, 4.2% суммарного ВРП, потребляется 3.5% электроэнергии. Уровень энергоемкости ВРП в них выше, чем в регионах с умеренным и средним уровнем ИАВ. Это малонаселенные и относительно слаборазвитые регионы, в которых экологические проблемы локализованы в отдельных ареалах, а в структуре незначительно выделяется один вид воздействия, который на 5–40% превышает среднероссийский уровень, например, на атмосферу из-за влияния газовой промышленности в Ямало-Ненецком АО, на водные ресурсы – в Республике Алтай, аграрное воздействие – в Республике Калмыкия.

Структура интегрального показателя

Она отражает природу территориальной неоднородности экологического состояния регионов. Распределение регионов по доминирующему фактору воздействия может стать основой разработки приоритетов улучшения экологической ситуации и анализа эффективности инвестиций в охрану окружающей среды. За 2000–2020 гг. для большинства регионов России структура загрязнения упростилась, сократилось число ведущих факторов загрязнения. В подавляющем большинстве регионов превышение среднероссийских значений характерно для 1–2 субиндексов, а 10 лет назад их было 3–4. Существенно сократилось влияние на водные ресурсы, на атмосферу, радиационное воздействие.

В значительной степени эта структура определяется тремя факторами, унаследованными от предыдущего периода:

– энергоемкость ведущих отраслей промышленности в сочетании со структурой топливного баланса энергетики и систем централизованного теплоснабжения в восточной части страны. Наибольшая энергоемкость сохраняется как в крупных промышленных регионах с очень высокой степенью экологической напряженности, так и в регионах с наименьшей степенью экологической опасности в основном из-за повышенного потребления угля в коммунальном хозяйстве;

– промышленная специализация, возраст и качество фондов. Институциональная среда и политика компаний определяют степень модернизации активов, этот процесс идет с разной скоростью, а порой и в разных направлениях. Степень промышленного влияния снижается, особенно интенсивно в нефтяной отрасли, но промышленность остается одним из ведущих и наиболее динамичных факторов экологического состояния;

– накопленное радиационное загрязнение также является одним из специфических факто-

ров в ряде регионов, но его роль постепенно сокращается.

Влияние экономической динамики на изменение уровня АВ в регионах

Высокая степень взаимообусловленности экономических и экологических процессов указывает на ведущую роль антропогенного воздействия в формировании экологической ситуации в России. В периоды экономических кризисов реакция и территориальных, и отраслевых структур на экономический спад значительно выше, чем на стадии экономического роста.

Каждый из этапов экономического развития постсоветской России имел свою экологическую проекцию. В период 1990–1998 гг. уровень АВ заметно сократился в большинстве регионов страны, но существенно медленнее темпов спада производства, поскольку относительной экономической стабильностью отличались отрасли с наибольшим удельным загрязнением (нефтедобыча, энергетика и металлургия). Структурные сдвиги, произошедшие в промышленности, лишь усилили деформацию отраслевой структуры валового загрязнения, так как привели к еще большему “утяжелению” экономики, к увеличению доли наиболее природоемких и энергоемких отраслей. В результате, индекс объемов выбросов загрязняющих веществ в среднем по стране составил 58.3% (1999/1990), что превышает аналогичный индекс по ВВП и промышленному производству на 7 процентных пунктов (п. п.). Одновременно в период затяжного кризиса сократились фонды природоохранного назначения, началась технологическая деградация, что привело к дополнительным потерям ресурсов. Неиспользуемое оборудование старело физически и морально, сокращение численности занятых и снижение квалификации кадров, отсутствие должного контроля загрязнения усугубили положение. В переходный период сформировалась наименее благоприятная с точки зрения показателей экологичности структура промышленного производства.

Экономический рост после 1998 г. привел к росту загрязнения атмосферы, но его темпы были невысокими. Рост промышленного производства уже в 1999 г. составил 108.9%, а рост атмосферного загрязнения начался только с 2000 г. и существенно меньшими темпами, чем рост производства (на 3.5 п. п.). Это обусловлено тем, что компенсационный подъем в промышленности быстрее затронул импортозамещающие отрасли (пищевую и др.) с минимальным удельным загрязнением. К тому же в кризисных условиях предприятия ликвидировали наиболее старую и “грязную” часть фондов с наибольшим удельным загрязнением, а относительно успешные металлургические, целлюлозно-бумажные и нефтяные предприятия

провели реконструкцию, что привело к снижению удельного и валового загрязнения. Но затем процесс технологической модернизации начал замедляться в условиях растущих инвестиционных рисков.

Несмотря на относительно невысокие темпы роста атмосферного загрязнения, негативные тенденции переходного периода преодолеть не удалось, напротив, в определенной степени они даже нарастали из-за особенностей инвестиционного процесса и опережающего роста наиболее “грязных” отраслей. Начальный этап инвестирования в условиях экономического роста характеризовался низкой капиталоемкостью – увеличением загрузки старых мощностей, затрат на капитальный ремонт в 2.7 раза уже к 1999 г. Только в 2006–2008 гг. определенную роль начали играть инвестиции в охрану окружающей среды крупных компаний.

В период кризиса 2009–2010 гг. загрязнение атмосферы вновь сократилось, а затем выросло; зависимость от динамики производства проявлялась, но в меньшей степени, чем в годы предыдущего кризиса.

Влияние кризисов на изменение региональной структуры загрязнения значительно больше, чем экономического роста: в кризис 1990-х годов практически все регионы сократили свое загрязнение. Но кризис не ликвидировал наиболее старые фонды самых проблемных в экологическом отношении секторов: угольной энергетики, добывающей промышленности, частично в металлургии, где сохранились фонды в производстве чугуна, но повсеместно были ликвидированы наиболее “грязные” в сталеплавлении мартены. В результате, санирующая роль системного кризиса перестала проявляться уже к 2003 г., рост выбросов и стоков стал практически повсеместным (хотя в 1999–2003 гг. рост загрязнения наблюдался только в половине регионов страны). Поскольку модернизация была явно недостаточной, каждый следующий этап роста сопровождался ростом загрязнения, но очень неравномерно, *территориальная дифференциация АВ увеличивается пропорционально темпам роста производства.*

В 2010–2020 гг. зависимость между объемами производства и загрязнения проявлялась уже в минимальной степени, но динамика загрязнения по-прежнему на 85% определяется тремя отраслями, доля каждой из которых в объеме выбросов в 1.5–2.5 раза выше, чем в объеме промышленного производства:

– добыча топливно-энергетических полезных ископаемых (объем выбросов отрасли снижается быстрее, чем в среднем по стране на фоне роста производства, поэтому удельные выбросы также сокращаются, но остаются высокими);

– металлургический комплекс (для него характерно устойчивое сокращение выбросов при

небольшом снижении производства, но удельные выбросы продолжают оставаться одними из самых высоких в промышленности);

– производство и распределение электроэнергии, отрасли с наибольшими удельными выбросами в атмосферу и самой высокой степенью зависимости загрязнения от объемов производства (коэффициент корреляции 0.65), что свидетельствует о низком уровне модернизации активов.

Все три отрасли к 2020 г. сократили объем выбросов на 10–15% по сравнению с 2010 г., но наиболее позитивные тенденции характерны для целлюлозно-бумажного, химического производства, производства кокса и нефтепродуктов, когда при заметном росте производства наблюдается существенное сокращение объемов загрязнения атмосферы.

Комплексный индекс АВ меньше зависит от динамики производства, чем отдельные показатели воздействия. В комплексном индексе есть показатели, которые в большей (воздушное, водное загрязнение) или в меньшей (нагрузка на лесной комплекс, образование отходов) степени зависят от экономической динамики. Последние определяются “генетическими” факторами развития. Взаимодействие “генетических” и трансформационных факторов определяет характер пространственной мозаичности АВ в регионах.

Наибольший уровень рассогласования тенденций экономического развития и интегрального показателя нагрузки характерен для наиболее проблемных регионов: Красноярского края, Челябинской и Свердловской областей (рис. 2). ИАВ в этих регионах достаточно стабилен, рост образования отходов компенсируется снижением радиоактивной и водной нагрузки, относительно стабильными выбросами. Отрицательный коэффициент корреляции между ИАВ и ВРП характерен также для других промышленных регионов (Пермского края, Нижегородской, Саратовской, Самарской, Сахалинской, Вологодской областей, республик Карелия, Татарстан, Башкортостан, ЯНАО). Поэтому экономический рост в промышленных регионах в последнее десятилетие напрямую не связан с увеличением АВ. Одновременно именно в этих регионах в кризисные годы на фоне спада производства наблюдается рост (или как минимум стабилизация) антропогенной нагрузки.

Напротив, наибольшая степень зависимости характерна для аграрных или агропромышленных регионов (Краснодарский и Алтайский края, Ульяновская, Астраханская, Курская, Ростовская, Тамбовская области, республики Дагестан, Марий Эл и Крым) а также для регионов, где один из ключевых источников загрязнения – топливная энергетика с преобладанием угля в структуре топливного баланса (Новосибирская,

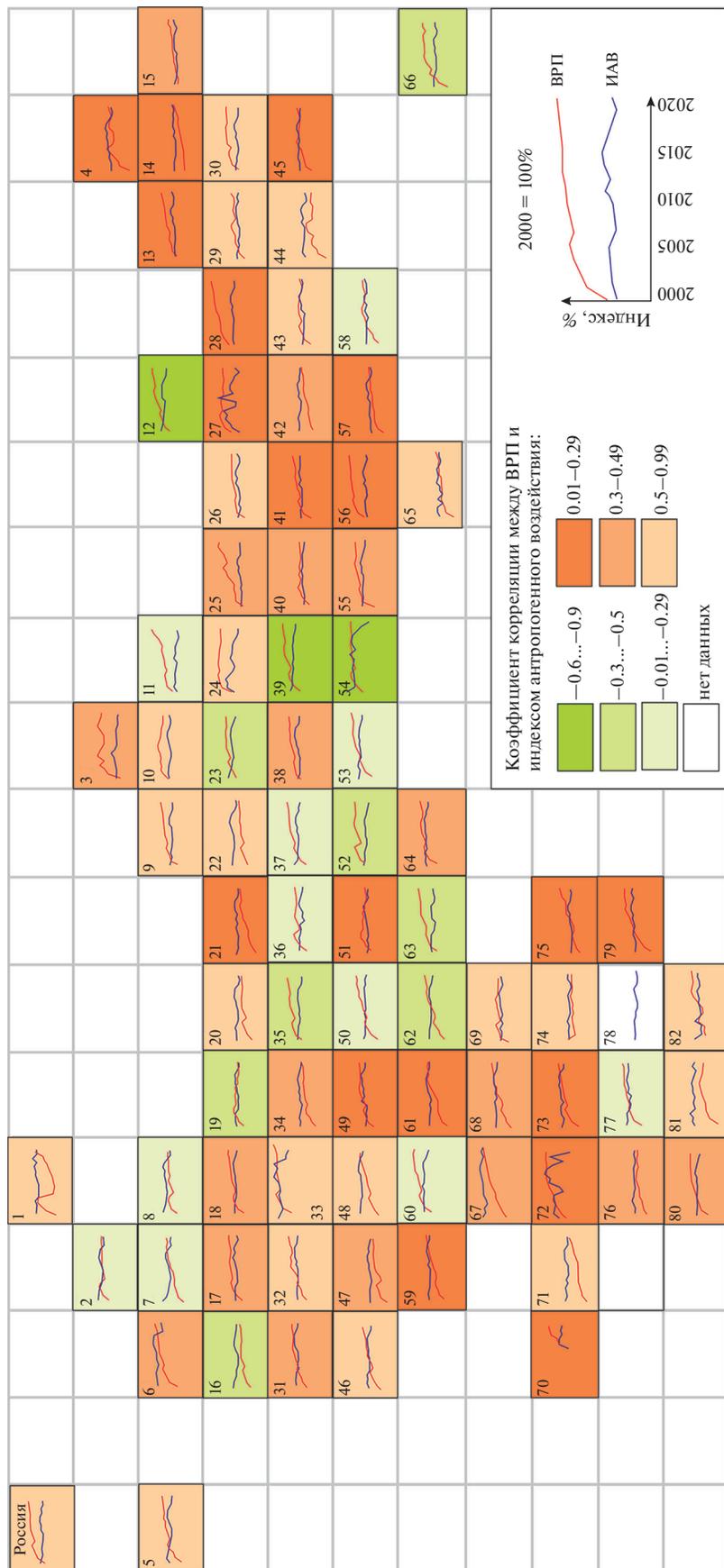


Рис. 2. Уровень зависимости между изменением ВРП и индексом антропогенного воздействия в регионах России, 2000–2020 гг. 1 – Мурманская область, 2 – Республика Карелия, 3 – Ненецкий автономный округ, 4 – Чукотский автономный округ, 5 – Калининградская область, 6 – Санкт-Петербург и Ленинградская область, 7 – Новгородская область, 8 – Вологодская область, 9 – Архангельская область, 10 – Республика Коми, 11 – Ямало-Ненецкий автономный округ, 12 – Красноярский край, 13 – Республика Саха (Якутия), 14 – Магаданская область, 15 – Камчатский край, 16 – Псковская область, 17 – Тверская область, 18 – Ярославская область, 19 – Ивановская область, 20 – Костромская область, 21 – Республика Марий Эл, 22 – Кировская область, 23 – Пермский край, 24 – Ханты-Мансийский автономный округ, 25 – Тюменская область, 26 – Томская область, 27 – Кемеровская область, 28 – Иркутская область, 29 – Амурская область, 30 – Хабаровский край, 31 – Смоленская область, 32 – Калужская область, 33 – Москва и Московская область, 34 – Владимирская область, 35 – Нижегородская область, 36 – Республика Чувашия, 37 – Республика Татарстан, 38 – Республика Удмуртия, 39 – Свердловская область, 40 – Курганская область, 41 – Новосибирская область, 42 – Республика Хакасия, 43 – Республика Бурятия, 44 – Еврейская автономная область, 45 – Приморский край, 46 – Брянская область, 47 – Орловская область, 48 – Тульская область, 49 – Рязанская область, 50 – Республика Мордовия, 51 – Ульяновская область, 52 – Самарская область, 53 – Республика Башкортостан, 54 – Челябинская область, 55 – Омская область, 56 – Алтайский край, 57 – Республика Тыва, 58 – Забайкальский край, 59 – Курская область, 60 – Липецкая область, 61 – Тамбовская область, 62 – Пензенская область, 63 – Саратовская область, 64 – Оренбургская область, 65 – Оренбургская область, 66 – Сахалинская область, 67 – Белгородская область, 68 – Воронежская область, 69 – Волгоградская область, 70 – Республика Крым и Севастополь, 71 – Республика Адыгея, 72 – Краснодарский край, 73 – Ростовская область, 74 – Республика Калмыкия, 75 – Астраханская область, 76 – Карачаево-Черкесская Республика, 77 – Ставропольский край, 78 – Чеченская Республика, 79 – Республика Дагестан, 80 – Республика Кабардино-Балкария, 81 – Республика Северная Осетия (Алания), 82 – Республика Ингушетия.

Магаданская, Иркутская области, Приморский край, Республика Тыва). Однако декарпинг, или рассогласование трендов, является положительной характеристикой региона в основном на этапе роста, поскольку, если при спаде производства наблюдается рост загрязнения, это наиболее негативный сценарий экологической деградации.

Базовые тренды изменения территориальной структуры АВ в России — это общее снижение уровня АВ, постепенное выравнивание региональных пропорций на фоне общего замедления темпов экономического роста, постепенное снижение зависимости от экономической ситуации, упрощение структуры видов воздействия внутри регионов. Основные изменения происходят, как правило, в наиболее полярных группах — регионах с очень высоким и очень низким уровнем АВ: эти группы оказываются более стабильными или даже расширяются в периоды кризисов, поскольку регионы в них производят продукцию на уставших активах.

Изменение уровня антропогенного воздействия в городах

Российские города резко различаются по уровню антропогенного воздействия. Динамика отдельных показателей АВ в городах в значительной степени определяется численностью их населения, структурой производства и топливного баланса, размерами и структурой автопарка. Поэтому анализ, проведенный по группам городов с различной численностью населения, позволяет выявить определенные черты трансформации антропогенного воздействия.

Для подавляющего большинства городов величина удельного выброса обратно пропорциональна численности населения. Более того, влияние экономической ситуации на загрязнение в разных типах городов также зависит от размера города, поскольку в годы кризисов загрязнение атмосферы сокращалось практически во всех городах, а в периоды роста адекватное увеличение выбросов в атмосферу долгое время захватывало только малые и средние города. Так, в кризисные 1990-е годы выбросы вредных веществ от промышленных предприятий сократились в 82% городов. Экономический рост 1999–2008 гг. обусловил увеличение загрязнения в 44% городов, в том числе в половине малых и средних и только в каждом третьем миллионнике. Кризис 2008 г. привел к новому сокращению загрязнения атмосферы в 61% российских городов. Слабая модернизация, инвестиционная пассивность и высокая топливность производственных и бытовых источников загрязнения определяли прямую зависимость динамики выбросов от экономической динамики. В последующие периоды ситуация стабилизировалась, период спада был корот-

ким, а рост был незначительным и быстро перешел в стагнацию последних лет, поэтому объемы выбросов росли в 40–45% городов с населением до 500 тыс. чел. и в 24–29% крупнейших городов (рис. 3).

После 2010 г., когда экономический рост замедлился, ситуация с динамикой загрязнения во многом стабилизировалась, а к 2014 г. сократились доли полярных групп, в которых быстро растет или сокращается атмосферное загрязнение; напротив, почти в половине российских городов объем выбросов изменялся не более чем на 20%. В 2014–2020 гг. объемы загрязнения увеличили уже в основном крупнейшие города с населением 500–1000 тыс. чел. Причем среди них основной рост наблюдался не в металлургических центрах, а в тех городах, для которых раньше было характерно сокращение (Саратов, Краснодар, Барнаул, Ульяновск, Владивосток, Иркутск, Тюмень, Набережные Челны). Объем выбросов в большинстве городов колебался незначительно, но максимально в средних городах (на 12%), в результате чего их вклад в валовое загрязнение страны вновь возрос до 16%. Для средних городов характерен инерционный тип динамики загрязнения, поэтому в периоды экономического спада они по типу динамики ближе к малым: на фоне кризиса в них начинается монопрофиллизация экономики, а на первый план выходит загрязнение от предприятий энергетики и добывающих отраслей. В периоды экономического роста они, как правило, сохраняют прежний уровень загрязнения, что в некоторой степени сближает их с крупными городами.

Таким образом, если за десятилетний рост экономики городская структура загрязнения практически вернулась к 1990 г., то после 2010 г., когда экономический рост замедлился, ситуация с динамикой загрязнения во многом стабилизировалась, почти в половине российских городов объем выбросов стал практически стабильным. Но к 2020 г. вновь выросло количество городов в группах либо с максимальными темпами роста выбросов, либо, напротив, с самым быстрым сокращением.

Автомобильный транспорт постепенно становится все более значимым фактором, определяющим экологическую ситуацию в российских городах, несмотря на сокращение норматива расчета выбросов в 3 раза с 2019 г. Увеличению объемов выбросов способствует высокая интенсивность движения, рельеф, планировочная структура и новое жилищное строительство, наличие мостов, ширина дорог, низкая связность сети, повышенная роль транзитных функций и др. Снижению эмиссии способствует обновление автопарка, улучшение качества топлива, расширение дорожной сети, усиление ее связности, сокращение барьеров, т.е. возможность двигаться с оптимальной скоростью. В результате совместного действия этих факторов, несмотря на

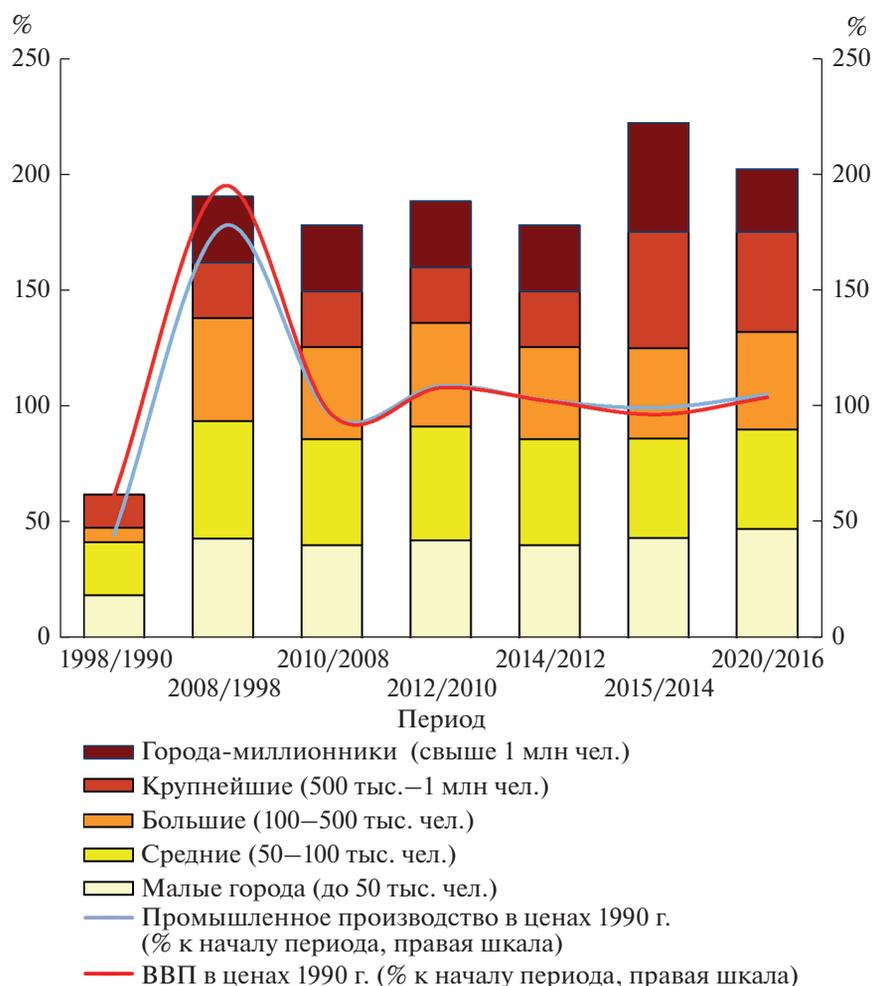


Рис. 3. Доля городов, увеличивших валовый выброс в атмосферу, от общего числа городов соответствующего класса людности, по периодам 1990–2020 гг.

продолжающийся рост автопарка, объем выбросов в стране увеличился всего на 13% по сравнению с началом 2000-х годов, а суммарно в городах даже снижается. Снижение происходило во всех типах городов за исключением миллионников и других региональных центров, где внедрение топливных стандартов не компенсировало взрывной рост автопарка. Наибольшее снижение продемонстрировали малые города. Средние города по уровню снижения занимают промежуточное положение между малыми и большими.

Объем водопотребления – существенный фактор истощения водных ресурсов, который изменяется под влиянием хозяйственной деятельности, является важной составляющей экологического состояния территорий. Динамику водопотребления, рассматриваемую совместно с объемами производства, можно считать ведущим индикатором устойчивого развития городов. Около 62–67% воды, по данным статистики, потребляется в России именно в городах.

В последние годы на фоне в целом позитивного сокращения абсолютного и удельного водопотребления, темпы сокращения заметно замедлились. Объем водопотребления в городах из поверхностных источников имеет ту же тенденцию, что и использование воды на производственные нужды: рост в 2010–2011 гг. и плавное снижение в последние годы. Водопотребление в период 2010–2020 гг. сократилось на 20%, в наибольшей степени в крупнейших (на 29%), миллионниках и средних городах (на 25%).

Сокращением бытового и ростом промышленного водопотребления в наиболее водоемких отраслях во многом и объясняются территориальные различия между городами, которые значительно выше, чем межрегиональные. Уровень территориальной концентрации также значительно выше: 1% городов потребляет 40% вод, забраных из поверхностных источников, причем доля эта стабильно увеличивается с 2009 г. Среди городов-лидеров – в основном центры размеще-

ния АЭС, крупнейших топливных электростанций, а также Москва и Санкт-Петербург.

Наибольший вклад в объем водопотребления (40–43%) вносят малые города, доля их увеличивается, поскольку темпы сокращения их суммарного водопотребления одни из самых низких и составили всего 2% за период 2010–2020 гг. Обычно из-за неразвитости систем водоснабжения в малых городах их водопотребление значительно меньше, чем у крупных. Столь высокий вклад малых городов обусловлен размещением в некоторых из них крупнейших ГРЭС и АЭС, целлюлозно-бумажных комбинатов. Поэтому всего 20 городов, в которых проживает 0.4% населения, потребляют 72% объема вод, используемых данным типом городов.

Средние и крупнейшие города отличаются от всех остальных самыми быстрыми темпами сокращения водопотребления – на 30% к 2020 г., в основном в результате увеличения оборотного водоснабжения в центрах размещения ГРЭС (Назарово, Дзержинский, Кириши, Кстово, Нерюнгри). Достаточно стабильным стало водопотребление больших городов – оно сократилось только на 7%, что определяется стабильным уровнем в центрах химии, нефтехимии, нефтепереработки, целлюлозно-бумажной промышленности. Вклад крупных городов в объем водопотребления (7%) в 2 раза меньше, чем в численность населения, в них минимальное душевое водопотребление среди всех типов, близкое к уровню городов-миллионников (500–600 л/чел. в сутки), причем оно сократилось на 12% по сравнению с 2010 г. Уровень душевого водопотребления повышен лишь в тех региональных центрах, где есть крупные водоемкие производства, в основном металлургические.

Города-миллионники сократили объем потребленной воды в среднем на 23%, максимально в Ростове-на-Дону, Екатеринбурге, Нижнем Новгороде, Москве, Воронеже, Казани, Санкт-Петербурге. Рост наблюдался только в Красноярске на 17%. Душевое водопотребление сократилось еще больше и только в Красноярске выросло на 3%.

Объем сброса сточных вод за последние 20 лет сократился на 26%, но продолжал расти в каждом 4-м городе страны. По динамике города различаются очень существенно. Устойчиво сокращают объем стоков города с населением более 500 тыс. чел. Они потеряли по сравнению с 2010 г. 24–37% стоков. Стабильный уровень стоков в малых, средних и больших городах. Существенно отличается динамика крупных городов, для которых был характерен резкий рост в период 2010–2013 гг. в основном в центрах металлургии и целлюлозно-бумажной промышленности, затем произошло снижение. Среди городов-миллионников рост стоков наблюдался в Санкт-Петербурге,

Нижнем Новгороде и Новосибирске, но стабильно весь период – только в Красноярске.

Комплексный индекс АВ в городах позволяет не только сравнить их между собой, но и выявить особенности субрегиональной структуры АВ. Наибольшими значениями ИАВ характеризуются 29 городов, в которых проживает 18 млн чел. Состав данной группы разнообразен: в нее входят три города-миллионника (Москва, Новосибирск, Красноярск), четыре – с населением 500–1000 тыс. чел. (Иркутск, Хабаровск, Кемерово, Тула), 7 крупных, 3 средних, 12 малых городов, среди которых на первом месте находится г. Заполярный.

Структура комплексного индекса очень разнообразна даже в пределах одной группы. Например, в группе городов с наибольшим уровнем экологической напряженности – в Заполярном, Москве и Норильске, в центрах крупных угольных ГРЭС (Гусиноозерск), металлургии (Тула) повышена роль субиндекса загрязнения атмосферы. В Нерюнгри, Кемерово, Костомукше, Билибино, Ковдоре ведущим фактором является объем и структура отходов. В малых городах Восточно-уральского следа от аварии на ПО “Маяк” – радиационное воздействие.

Сильнее на итоговое значение индекса повлияли уровни плотности отходов, выбросов, объема нагрузки на водные источники, также значительные отклонения формирует радиационное загрязнение. В малых городах сильнее влияют показатели, связанные с уровнем благоустройства территории и радиационного загрязнения, поскольку в зоны наибольшей радиационной опасности попали в основном малые города. Для городов с населением свыше 500 тыс. чел. интегральные оценки максимальны и близки по уровню, в них повышена доля атмосферного загрязнения, причем для миллионников – из-за транспортного влияния, а для крупнейших городов (более 500 тыс. чел.) – промышленного.

Внутрирегиональное распределение городов по индексу АВ

Почти в 50 регионах есть центры с очень высоким значением АВ, 47 из которых – региональные столицы. По территории страны такие города распределены достаточно равномерно, нет диспропорции между европейской и азиатской частями, хотя заметней локализация в регионах Урала, Поволжья и юга Сибири. Максимальное число таких городов (4) в Иркутской области, по 3 – в Башкирии и Свердловской области, по 2 – в Татарстане, Самарской, Кемеровской и Челябинской областях.

Степень, с которой города определяют экологическую ситуацию в своем регионе, выявлялась по соотношению уровней ИАВ в регионе и городах на его территории относительно среднерос-

сийского уровня, что позволило выделить следующие территориальные соотношения:

– в регионах Урала и Сибири с высоким уровнем АВ, диверсифицированной структурой источников загрязнения города вносят адекватный вклад в загрязнение территории как крупнейшие региональные центры, центры размещения крупных предприятий тяжелой промышленности. Среди малых и средних городов – это центры добывающей, алюминиевой промышленности, энергетики, а также города пристоличных агломераций. В таких городах проживает около 34 млн чел. (рис. 4).

– в регионах европейской части со средним уровнем АВ, специализацией на машиностроении, легкой и пищевой промышленности города, концентрирующие основное загрязнение (52.7 млн чел.), – это в основном первые и вторые города относительно чистых регионов.

– в ресурсодобывающих регионах, где значительная часть воздействия смещена за пределы городов, сами центры относительно чистые (Тюменская область, Республика Коми). Низкими уровнями АВ характеризуются на относительно более загрязненных территориях малые города тех регионов, где загрязнение сосредоточено на крупнейших предприятиях тяжелой промышленности и локализовано в крупных городах; суммарно в таких городах проживает 5.1% городского населения.

– в регионах Юга, Центра и Поволжья с умеренным и низким уровнем АВ в городах со специализацией на пищевой промышленности и рекреации уровень воздействия определяет в основном аграрный комплекс; малые и средние города также характеризуются низким уровнем АВ (5% городского населения).

Комплексный индекс антропогенного воздействия не имеет статистически достоверной связи с численностью населения города, но его территориальная дифференциация в пределах регионов имеет центр-периферийный характер, хотя в целом при повышении людности увеличивается вероятность попасть в группу с максимальными значениями отдельных показателей. Так, в Москве почти все показатели максимальны, кроме доли загрязненных сточных вод и радиационного воздействия. Затем в порядке убывания идут Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону, Красноярск, Омск, Тула, Хабаровск, Новосибирск. Более одного показателя с максимальным значением имеют 224 города, а еще 603 – хотя бы один из 21 показателя.

Статистически значимая связь между долей в структуре производства отраслей с высокими уровнями загрязнения и индексами АВ также отсутствует. Но в среднем по группам моногородов металлургической специализации ИАВ на 16% выше, чем в городах химического производства, на 22% – чем в центрах производства электрообо-

рудования, электронного и оптического оборудования, на 25% – в центрах целлюлозно-бумажного производства и на 46% – производства пищевых продуктов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Произошедшие за последние 20 лет изменения в экологической ситуации России характеризуются общим базовым трендом к сокращению, изменением в структуре факторов ее определяющих и по-разному проявляются на разных уровнях.

Для страны в целом ослабевает зависимость уровня загрязнения от уровня и динамики экономического развития вследствие модернизационных процессов в промышленности, которая была ведущим источником антропогенного воздействия в советский период. Но яркая динамика переходного периода сменилась слабыми колебаниями 2000-х, нередко сложно объяснимыми изменениями экологической ситуации как в целом, так и отдельных ее составляющих, условий и факторов.

На региональном уровне наблюдается более сложная зависимость: глубокий экономический спад, как правило, обуславливает снижение уровня загрязнения во всех регионах страны, а экономический рост не всегда связан с ростом АВ, особенно, если он начинается в “чистых” отраслях и с использованием нового оборудования. Недостаточный уровень купирования устаревших активов в периоды кризисов и слабая модернизация приводят к тому, что с началом экономического роста увеличивается загрязнение. Но чем выше темпы экономического роста, тем более разнообразны сценарии изменения антропогенного воздействия.

Комплексный индекс антропогенного воздействия позволяет оценить экологическую ситуацию в регионах интегрально; структура индекса выявляет ведущие факторы воздействия, может стать основой для разработки приоритетов региональной экологической политики, рейтинг регионов на основе ИАВ – для территориальных стратегий развития. Рейтинг регионов по ИАВ, как и большинство российских подходов в этой области, направлен на то, чтобы выявить проблему и стимулировать “самых отстающих” к ее решению.

Тренды изменения экологической ситуации в городах и регионах имеют как сходства, так и различия. Роль промышленного загрязнения снижалась и для городов, и для регионов, но для последних роль промышленности проявляется сильнее за счет влияния добывающих отраслей. Сходство проявляется и в общем базовом тренде сокращения антропогенного воздействия, в возрастании роли таких компонентов, как нагрузка на водные ресурсы и образование отходов, в усилении вкла-

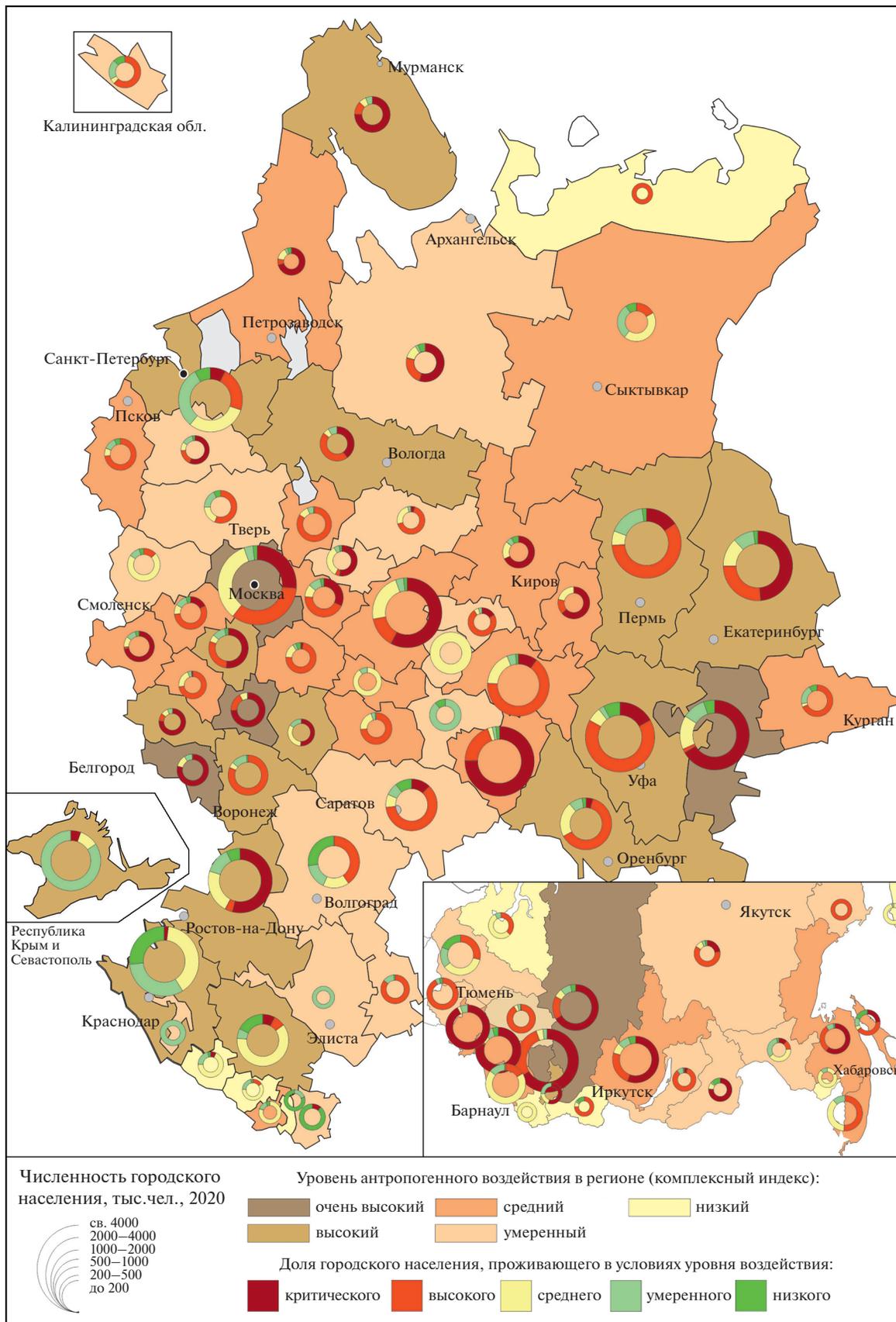


Рис. 4. Распределение населения регионов по городам с разным уровнем индекса антропогенного воздействия (ИАВ).

да загрязнения, связанного со сферой жизнеобеспечения населения.

Несмотря на то, что факторы формирования экологической ситуации в городах и регионах во многом схожи, в городах они более динамичны, в большей степени зависят от уровня благоустройства и развития ЖКХ. Особую роль в городах играет автомобильный транспорт, факторы воздействия которого быстро меняются в последнее десятилетие: снижается зависимость атмосферного загрязнения от роста числа автомобилей и усиливается роль таких факторов, как качество двигателя и топлива, плотность дорожной сети и характер движения.

В целом тренды изменения экологической ситуации в регионах более сглаженные, нежели в городах. Чем более диверсифицирована экономика региона, тем меньше диапазон колебания ИАВ, поскольку в разных отраслях экономические и экологические индикаторы развития меняются с разной скоростью. Чем более развито в регионе крупногородское расселение, тем сложнее и разнообразнее факторы экологической ситуации. Исключение составляют регионы добычи углеводородов, где основные ареалы загрязнения смещены на внегородские территории.

Наибольший уровень рассогласования тенденций экономического развития и комплексного показателя нагрузки характерен для регионов с наибольшим уровнем ИАВ. Напротив, наибольшая степень зависимости характерна для аграрных или агропромышленных регионов, а также для регионов, где один из ключевых источников загрязнения — топливная энергетика с преобладанием угля в структуре топливного баланса.

Динамика отдельных показателей АВ значительно более зависима от динамики производства и нередко разнонаправлена. Наблюдается рассогласование тенденций загрязнения воздуха от промышленности и автотранспорта, водопотребления из поверхностных и подземных источников, объемов сточных вод в наибольшей степени для больших и крупных городов, в наименьшей — для малых и крупнейших. Наихудшие сценарии характерны для малых городов, экологические проблемы которых сложны, многоплановы, их объединяет неспособность решить проблемы собственными силами.

Изменение территориальных структур загрязнения позволяет выявить роль основных факторов экологической ситуации для определения направлений ее улучшения. Унаследованная территориальная структура хозяйства, размещение тяжелой промышленности с устаревшими фондами, локализация основных добывающих районов способствуют консервации территориальной структуры загрязнения. Взаимодействие генетических и трансформационных факторов опреде-

ляет характер пространственной мозаичности АВ как между регионами, городами, так и внутри них. Для городов особое значение приобретают институциональные и потребительские факторы, изменение роли двух ведущих акторов территориальных и производственно обособленных групп населения и государства. С одной стороны, усиливающийся государственный контроль пока не стимулирует производителей к увеличению инвестиций в природоохранные технологии. С другой — в крупных городах постепенно формируются социальные группы с экологичным потреблением. Среди производителей появление нового актора — менеджмента крупных компаний, как правило, ориентированного на западные рынки и стандарты, привело к специфическому проявлению не только институциональных факторов, но и факторов экономико-географического положения, так как принимаемые решения могут как быть зависимы от положения объекта, так и менять это положение в результате строительства новой инфраструктуры.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках темы ГЗ географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова "Современная динамика и факторы социально-экономического развития регионов и городов России и стран Ближнего Зарубежья" (№121051100161-9).

FUNDING

The work was prepared under the state-ordered research theme of the Faculty of Geography, Moscow State University "Modern Dynamics and Factors of Socioeconomic Development of Regions and Cities of Russia and Countries of the Near Abroad" (no. 121051100161-9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бакланов П.Я.* Территориальные структуры хозяйства в региональном управлении. М.: Наука, 2007. 239 с.
- Битюкова В.Р.* Экологический рейтинг городов России // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 3. С. 34–39.
- Битюкова В.Р., Чижова Н.Н.* Полимасштабный анализ территориальной структуры загрязнения Западной Сибири // Экология и промышленность России. 2006. № 9. С. 4–9; № 10. С. 4–7.
- Бобылев С.Н., Захаров В.М.* Кризис: экономика и экология. М.: ООО "Типография ЛЕВКО", Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, 2009. 84 с.
- Волкова И.Н., Приваловская Г.А.* Социально-экономические предпосылки рисков устойчивого развития регионов РФ // Изв. РАН. Сер. геогр. 2010. № 3. С. 8–20.

- Добролюбова Ю.С.* Обзор зарубежных социально-экологических рейтингов городов и их сравнение с российскими аналогами // Региональные исследования. 2015. № 4. С. 65–75.
- Клюев Н.Н.* Эколого-географическое положение России и ее регионов. М.: ИГ РАН, 1996. 161 с.
- Клюев Н.Н.* Природно-ресурсная сфера России и тенденции ее изменения // Вестн. РАН. 2015. Т. 85. № 7. С. 579–592.
- Колдобская Н.А.* Исследование трансформации экологической ситуации с помощью интегральных индексов и рейтингов (на примере столиц постсоветских стран) // Региональные исследования. 2014. № 3. С. 84–91.
- Комар И.В.* Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы. М.: Наука, 1975. 210 с.
- Лопатников Д.Л.* Экологический переход // Региональные исследования. 2013. № 3. С. 4–8.
- Миц А.А.* Экономическая оценка естественных ресурсов. М.: Мысль, 1972. 303 с.
- Пакина А.А., Кириллов С.Н.* Эффект декарбонизации как индикатор устойчивости развития на региональном уровне: Материалы Международной конференции “Эколого-экономические условия обеспечения устойчивого развития России”, Москва, 2017. С. 109–111.
- Приваловская Г.А.* Районирование территории СССР как метод изучения взаимодействия хозяйства со средой // Совершенствование природопользования. Географический анализ. М.: ИГАН СССР, 1983. С. 15–36.
- Приваловская Г.А., Рунова Т.Г.* Региональный подход в решении экологических проблем // Изв. РАН. Сер. геогр. 1994. № 5. С. 79–87.
- Прохоров Б.Б.* Экология человека: социально-демографические аспекты. М.: Наука, 1991. 111 с.
- Разумовский В.М.* Эколого-экономическое районирование (теоретические аспекты). Л., 1989. 154 с.
- Саушкин Ю.Г.* Экономическая география: история, теория, методы, практика. М.: Мысль, 1973. 559 с.
- Солодовников А.Ю., Чистобаев А.И.* Влияние нефтегазодобычи на социально-экологическую среду Обского Севера. СПб.: ВВМ, 2011. 310 с.
- Тикунов В.С., Белоусов С.К.* Интегральная оценка и картографирование антропогенного воздействия на природную среду регионов России // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 1. С. 89–106.
- Чистобаев А.И., Шарыгин М.Д.* Экономическая и социальная география: новый этап. Л., 1990. 319 с.
- Arbab P.* City Prosperity Initiative Index: Using AHP Method to Recalculate the Weights of Dimensions and Sub-Dimensions in Reference to Tehran Metropolis // Europ. J. of Sustainable Development. 2017. V. 6. № 4. P. 289–301.
- Bityukova V.R.* Regional Projection of Environmental Consequences of Crises in the Russian Economy // Reg. Res. Russ. 2021. V. 11. № 4. P. 656–666.
- Bityukova V.R., Kasimov N.S.* Atmospheric pollution of Russia’s cities: assessment of emissions and immissions based on statistical data // Geofizika. 2012. V. 29. P. 53–67.
- Bityukova V.R., Shimunova A.A.* Regional Analysis of Differentiation of Industrial Atmospheric Pollution in the Post-Soviet Space // Reg. Res. Russ. 2021. V. 11. № 3. P. 367–377.
- Gomez-Calvet R., Conesa D., Gomez-Calvet A., Tortosa-Ausina E.* Energy efficiency in the European Union: What can be learned from the joint application of directional distance functions and slacks-based measures? // Applied Energy. 2014. № 132. P. 137–154.
- Hollander J.M.* The Real Environmental Crisis: Why Poverty, Not Affluence, Is the Environment’s Number One Enemy. Berkeley and Los Angeles, USA/London, UK: Univ. of California Press, 2003. 235 p.
- Kumar U., Jain V.K.* Time series models (Grey-Markov, Grey Model with rolling mechanism and singular spectrum analysis) to forecast energy consumption in India // Energy. 2010. № 35. P. 1709–1716.
- McHale M.R., Ludtke A.S., Wetherbee G.A., Burns D.A., Nilles M.A., Finkelstein J.S.* Trends in precipitation chemistry across the U.S. 1985–2017: Quantifying the benefits from 30 years of Clean Air Act amendment regulation // Atmospheric Environ. 2021. V. 247. 118219. P. 2–14.
- Mori K., Yamashita T.* Methodological framework of sustainability assessment in City Sustainability Index (CSI): A concept of constraint and maximisation indicators // Habitat International. 2014. V. 45. Part 1. P. 10–14.
- Nagvi A., Zwickl K.* Fifty shades of green: Revisiting decoupling by economic sector and air pollutants // Ecological Econ. 2017. V. 133. P. 111–126.
- Pacyna E.G., Pacyna J.M., Sundseth K., Munthe J., Kindbom K., Wilson S., Steenhuisen F., Maxson P.* Global emission of mercury to the atmosphere from anthropogenic sources in 2005 and projections to 2020 // Atmospheric Environ. 2010. V. 44. P. 2487–2499.
- The Green City Index.* A research project conducted by the Economist Intelligence Unit, sponsored by Siemens. Munich: Siemens AG, 2012. 47 p.
- The World Atlas of Atmospheric Pollution / R.S. Sokhi (Ed.).* London: Anthem, 2008. 345 p.
- Tian H.Z., Zhou J.R., Zhu C.Y., Zhao D., Gao J.J., Hao J.M., He M.C., Liu K.Y., Wang K., Hua S.B.* A Comprehensive global inventory of atmospheric antimony emissions from anthropogenic activities, 1995–2010 // Environ. Sci. & Technol. 2014. V. 48. P. 10235–10241.
- Ul Haq M.* Reflections on Human Development. N. Y.: Oxford Univ. Press, 1995. P. 48–50.
- Yandle B., Vijayaraghavan M., Bhattarai M.* The Environmental Kuznets Curve: A Primer. Bozeman, MT: Property Environ. Res. Center, 2002. 24 p.

Environmental Consequences of the Transformation of the Sectoral Structure of the Economy of Russian Regions and Cities in the Post-Soviet Period

V. R. Bityukova*

Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

*e-mail: vrbityukova@geogr.msu.ru

The transformation of the environmental situation in the course of post-Soviet changes in Russia's economy is considered from the standpoint of structural features and dynamics of industrial production, GRP, and energy output. A multiscale (country–regions–cities) comprehensive assessment of the transformation of the environmental situation due to changes in the territorial and sectoral structure of the economy at the Russian, regional, and city levels was carried out. Factors and spatiotemporal patterns in the dynamics and structural characteristics of the environmental situation during periods of crises and economic growth are revealed. The comprehensive index of anthropogenic impact is used to assess the dynamics and variability of the environmental situation in Russian regions and cities: a general decline in most environmental indicators is identified, as well as a gradual leveling of regional shares and increased localization of the impact in individual cities versus a general slowdown in economic growth. Gradual weakening of the role of industrial specialization in the environmental situation and simplification of the structure of types of impact within regions are shown. The highest level of discrepancy between economic development trends and the integral load indicator is typical of regions with the highest level of impact; the highest degree of dependence is typical of agrarian or agroindustrial regions, as well as of regions where one of the key sources of pollution is fuel energy production with coal predominant in the fuel balance structure. In general, the trends of changes in the environmental situation in regions are smoother than in cities. The more diversified the economy of a region, the smaller the range of fluctuations of the comprehensive index of anthropogenic impact; the more developed a large-city settlement pattern, the more complex and diverse the factors of the regional ecological situation.

Keywords: Russian regions and cities, dynamics of comprehensive assessment of anthropogenic impact, industrial pollution, urban environment

REFERENCES

- Arbab P. City prosperity Initiative Index: using AHP method to recalculate the weights of dimensions and sub-dimensions in reference to Tehran metropolis. *Eur. J. Sustain. Dev.*, 2017, vol. 6, no. 4, pp. 289–301.
- Baklanov P.Ya. *Territorial'nye struktury khozyaistva v regional'nom upravlenii* [Territorial Structure of Economy in Regional Governance]. Moscow: Nauka Publ., 2007. 239 p.
- Bityukova V.R. Ecological rating of Russian cities. *Ekol. Prom-st' Ross.*, 2015, vol. 19, no. 3, pp. 34–39. (In Russ.).
- Bityukova V.R. Regional projection of environmental consequences of crises in the Russian economy. *Reg. Res. Russ.*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 656–666.
- Bityukova V.R., Chizhova N.N. Multiscale analysis of the territorial structure of pollution in Western Siberia. *Ekol. Prom-st' Ross.*, 2006, no. 9, pp. 4–9; no. 10, pp. 4–7. (In Russ.).
- Bityukova V.R., Kasimov N.S. Atmospheric pollution of Russia's cities: assessment of emissions and immissions based on statistical data. *Geofizika*, 2012, vol. 29, pp. 53–67.
- Bityukova V.R., Shimunova A.A. Regional analysis of differentiation of Industrial atmospheric pollution in the post-Soviet space. *Reg. Res. Russ.*, 2021, vol. 11, no. 3, pp. 367–377.
- Bobylev S.N., Zakharov V.M. *Krizis: ekonomika i ekologiya* [Crisis: Economy and Ecology]. Moscow: LEVKO Publ., 2009. 84 p.
- Chistobaev A.I., Sharygin M.D. *Ekonomicheskaya i sotsial'naya geografiya: novyi etap* [A New Stage of Economic and Social Geography]. Leningrad, 1990. 319 p.
- Dobrolyubova Yu.S. Review of foreign social and environmental ratings of cities and their comparison with Russian counterparts. *Reg. Issled.*, 2015, no. 4, pp. 65–75. (In Russ.).
- Gómez-Calvet R., Conesa D., Gómez-Calvet A., Tortosa-Ausina E. Energy efficiency in the European Union: What can be learned from the joint application of directional distance functions and slacks-based measures? *Appl. Energy*, 2014, vol. 132, pp. 137–154.
- Hollander J.M. *The Real Environmental Crisis: Why Poverty, Not Affluence, Is the Environment's Number One Enemy*. Berkeley, CA: Univ. of California Press, 2003. 235 p.
- Klyuev N.N. *Ekologo-geograficheskoe polozhenie Rossii i ee regionov* [Ecological and Geographical Position of Russia and Its Regions]. Moscow: Inst. Geogr., Ross. Akad. Nauk, 1996. 161 p.
- Klyuev N.N. Russia's natural-resource sphere and trends in its development. *Herald Russ. Acad. Sci.*, 2015, vol. 85, no. 4, pp. 303–315.
- Koldobskaya N.A. Study of the transformation of the ecological situation using integral indices and ratings (by the example of the capitals of post-Soviet countries). *Reg. Issled.*, 2014, no. 3, pp. 84–91. (In Russ.).
- Komar I.V. *Ratsional'noe ispol'zovanie prirodnnykh resursov i resursnye tsikly* [Rational Use of Natural Resources and Resource Cycles]. Moscow: Nauka Publ., 1975. 210 p.
- Kumar U., Jain V.K. Time series models (Grey-Markov, Grey Model with rolling mechanism and singular spec-

- trum analysis) to forecast energy consumption in India. *Energy*, 2010, vol. 35, pp. 1709–1716.
- Lopatnikov D.L. Ecological transition. *Reg. Issled.*, 2013, no. 3, pp. 4–8. (In Russ.).
- McHale M.R., Ludtke A.S., Wetherbee G.A., Burns D.A., Nilles M.A., Finkelstein J.S. Trends in precipitation chemistry across the U.S. 1985–2017: quantifying the benefits from 30 years of Clean Air Act amendment regulation. *Atmos. Environ.*, 2021, vol. 247, 118219.
- Mints A.A. *Ekonomicheskaya otsenka estestvennykh resursov* [Economic Evaluation of Natural Resources]. Moscow: Mysl' Publ., 1972. 303 p.
- Mori K., Yamashita T. Methodological framework of sustainability assessment in City Sustainability Index (CSI): a concept of constraint and maximisation indicators. *Habitat Int.*, 2014, vol. 45, pp. 10–14.
- Nagvi A., Zwickl K. Fifty shades of green: revisiting decoupling by economic sector and air pollutants. *Ecol. Econ.*, 2017, vol. 133, pp. 111–126.
- Pacyna E.G., Pacyna J.M., Sundseth K., Munthe J., Kindbom K., Wilson S., Steenhuisen F., Maxson P. Global emission of mercury to the atmosphere from anthropogenic sources in 2005 and projections to 2020. *Atmos. Environ.*, 2010, vol. 44, pp. 2487–2499.
- Pakina A.A., Kirillov S.N. Decoupling effect as an indicator of development sustainability at the regional level. *Mat. Mezhdunar. konf. "Ekologo-ekonomicheskie usloviya obespecheniya ustoichivogo razvitiya Rossii"* [Proc. Int. Conf. "Ecological-Economic Conditions for Sustainable Development of Russia"]. Moscow, 2017, pp. 109–111. (In Russ.).
- Privalovskaya G.A. Zoning of the territory of the USSR as a method for analysis of the interaction of the economy with the environment. In *Sovershenstvovanie prirodopol'zovaniya. Geograficheskii analiz* [Improvement of Natural Resource Use. Geographic Analysis]. Moscow: Inst. Geogr., Akad. Nauk SSSR, 1983, pp. 15–36. (In Russ.).
- Privalovskaya G.A., Runova T.G. Regional approach to solution of environmental problems. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1994, no. 5, pp. 79–87. (In Russ.).
- Prokhorov B.B. *Ekologiya cheloveka: sotsial'no-demograficheskie aspekty* [Human Ecology: Socio-Demographic Aspects]. Moscow: Nauka Publ., 1991. 111 p.
- Razumovskii V.M. *Ekologo-ekonomicheskoe raionirovanie (teoreticheskie aspekty)* [Theoretical Aspects of Ecological and Economic Zoning]. Leningrad, 1989. 154 p.
- Saushkin Yu.G. *Ekonomicheskaya geografiya: istoriya, teoriya, metody, praktika* [Economic Geography: History, Theory, Methods, and Practice]. Moscow: Mysl' Publ., 1973. 559 p.
- Solodovnikov A.Yu., Chistobaev A.I. *Vliyanie neftegazodobychi na sotsial'no-ekologicheskuyu sredu Obского Severa* [Impact of Oil and Gas Production on the Social and Ecological Environment of the Ob River Region's North]. St. Petersburg: VVM, 2011. 310 p.
- The Green City Index. A Research Project Conducted by the Economist Intelligence Unit, Sponsored by Siemens*. Munich: Siemens AG, 2012. 47 p.
- The World Atlas of Atmospheric Pollution*. Sokhi R.S., Ed. London: Anthem, 2008. 144 p.
- Tian H.Z., Zhou J.R., Zhu C.Y., Zhao D., Gao J.J., Hao J.M., He M.C., Liu K.Y., Wang K., Hua S.B. A comprehensive global inventory of atmospheric antimony emissions from anthropogenic activities, 1995–2010. *Environ. Sci. Technol.*, 2014, vol. 48, pp. 10235–10241.
- Tikunov V.S., Belousov S.K. Integral assessment and mapping of anthropogenic impact on the environment of Russian regions. *Nauka Publ. Innovatsii. Tekhnol.*, 2021, no. 1, pp. 89–106. (In Russ.).
- Ul Haq M. *Reflections on Human Development*. New York: Oxford Univ. Press, 1995, pp. 48–50.
- Volkova I.N., Privalovskaya G.A. Socioeconomic preconditions for risks to sustainable development of RF regions. *Reg. Res. Russ.*, 2011, vol. 1, no. 2, pp. 103–113.
- Yandle B., Vijayaraghavan M., Bhattarai M. *The Environmental Kuznets Curve: A Primer*. Bozeman, MT: Property Environ. Res. Center, 2002. 24 p.