
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК 504.03:504.75(282.256.341)

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И ТИПОЛОГИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ

© 2023 г. Е. В. Антонов^{1, 2, *}, Ю. Р. Беляев^{1, **}, В. Р. Битюкова^{1, ***}, А. В. Бредихин^{1, ****},
В. С. Дехнич^{3, *****}, Е. А. Еременко^{1, *****}, Н. А. Колдобская^{1, *****},
О. Е. Прусихин^{1, *****}, С. Г. Сафронов^{1, *****}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия

²Институт географии РАН, Москва, Россия

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Казахстанский филиал, Астана, Казахстан

*e-mail: antonovmtg@inbox.ru

**e-mail: yrbel@mail.ru

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

****e-mail: avbredikhin@yandex.ru

*****e-mail: vodo.ast@gmail.com

*****e-mail: eremenkoeaig@gmail.com

*****e-mail: koldobskayana@yandex.ru

*****e-mail: olegprus2000@mail.ru

*****e-mail: saffff@mail.ru

Поступила в редакцию 05.12.2022 г.

После доработки 08.02.2023 г.

Принята к публикации 21.02.2023 г.

В статье разработана методика интегральной оценки антропогенного воздействия с пространственной дискретностью по муниципалитетам Байкальской природной территории. Оценка включает 21 нормированный показатель за период 2014–2020 гг., агрегированные в 7 субиндексов (воздействие на атмосферу, водные, лесные ресурсы, аграрное воздействие, твердые отходы, нарушенные земли и объекты накопленного вреда, а также фоновое воздействие). Для определения веса показателей проведен опрос экспертов, представляющих научное сообщество (специалисты в области интегральных оценок отдельных видов воздействия или в области экологических проблем территории), экспертное сообщество (ведущие рейтинговые агентства) и систему управления природопользованием регионов, входящих в Байкальскую природную территорию. Интегральный показатель позволил построить рейтинг муниципальных образований и выявить ключевые факторы формирования экологической ситуации. По интегральному индексу выделено пять типов территорий, по характеру антропогенного воздействия на окружающую среду выделяются подтипы. Высокий уровень воздействия характерен для крупных городов и мест локализации предприятий, особенно горнодобывающих, в которых действует полный набор компонентов нагрузки. Повышенный уровень наблюдается в городах, пригородных муниципалитетах с высокой нагрузкой от жизнедеятельности населения, а также в крупных аграрных районах с развитой добывающей промышленностью. Средний уровень характерен для небольшого числа сельских районов и малых городов из-за нагрузки от сельского и лесного хозяйства. Пониженный уровень воздействия формируется в основном в полупериферийных районах, где выделяется нагрузка на лесные ресурсы, и некоторых пригородных районах с более развитым сельским хозяйством. Низкий уровень антропогенного воздействия характерен для периферийных, слабо заселенных муниципальных районов с заметной долей загрязнения от автономных систем отопления. Особую роль в формировании экологической ситуации играют большие массивы нарушенных земель, высокие объемы образования твердых отходов и объекты накопленного вреда, оставшиеся от периода советской индустриализации.

Ключевые слова: интегральный индекс, антропогенное воздействие, комплексная оценка, Байкал, Центральная экологическая зона, Байкальская природная территория

DOI: 10.31857/S2587556623030032, **EDN:** QQTYOU

Решение современных экологических проблем — это компромисс между требованиями развития экономики и необходимостью защиты окружающей среды. Эффективное управление экологической ситуацией должно базироваться на комплексном анализе и оценке не только собственно экологических проблем территории, но и их причин. Среди них важное место занимают динамика и структурные трансформации в материальном производстве и расселении, значимость которого усиливается, особенно за счет поляризации рекреационного воздействия в зонах сверхтуризма¹. Ключом к пониманию тенденций изменения антропогенного воздействия (АВ) на природную среду служит анализ влияния ведущих факторов.

Для любой крупной страны характерны значительные региональные и субрегиональные контрасты развития социально-экономических процессов и, как следствие, АВ. Для оценки их неравномерности могут применяться системы показателей в дезагрегированной форме и синтетические (интегральные) показатели. Преимущество последних — в комплексной оценке совокупности важнейших (в зависимости от целей построения такого показателя) социально-экономических процессов и экологического состояния. Отсюда следует и наглядность информации об АВ в том или ином регионе, реализуемая сравнением ряда интегральных показателей. Все это обуславливает возрастающий интерес российских исследователей и системы управления к построению и использованию интегральных индексов АВ и экологического состояния территорий.

Байкальская природная территория (БПТ) — уникальная природно-хозяйственная система, в состав которой входят озеро Байкал, прилегающая к нему водоохранная зона, его водосборная площадь в пределах территории Российской Федерации, особо охраняемые природные территории, а также территория шириной до 200 км на запад и северо-запад от него. Данная категория существует в первую очередь в законодательном поле, регулируется отдельным федеральным законом².

Озеро Байкал на всех этапах развития общества оказывало большое влияние на окружающий регион. Интерес к нему в первую очередь был продиктован высоким природно-ресурсным по-

тенциалом территории: озеро богато ценной рыбой, в окружающих его горах находится множество месторождений металлических руд, а с недавнего времени обнаруживаются и месторождения нефти и газа. Наконец, Байкал выполняет роль природного водохранилища. Эти факторы обусловили экономическое развитие Прибайкальских территорий, связанное сначала с ресурсным, а затем (в годы советской власти) и с индустриальным освоением. На берегах озера возникли города-промышленные узлы. Вблизи от Байкала, по р. Ангаре, сформировался Ангаро-Енисейский территориально-производственный комплекс³, специализирующийся на цветной металлургии, лесной и деревообрабатывающей промышленности и гидроэнергетике. В настоящее время все большую актуальность приобретают туристско-рекреационные ресурсы Байкальского региона⁴. Все это создает необходимость изучения эколого-экономического аспекта оценки антропогенного воздействия на данной территории.

Однако хозяйственное освоение Байкальского региона несет не только позитивные, но и негативные последствия. Несмотря на низкую плотность населения в Байкальском регионе, в прибрежной зоне притоков озера находится ряд крупных городов, таких как Иркутск, Ангарск, Улан-Удэ, в которых суммарно проживает около 1.3 млн человек. В пределах вышеуказанной территории расположен ряд крупных промышленных центров, специализирующихся на тяжелой промышленности (города Шелехов, Ангарск, Байкальск, Иркутск). Это создает экономическое и демографическое давление на территорию, ведет к загрязнению атмосферы и гидросферы, разрушению уникальных природных ландшафтов и экосистем. Реципиентами воздействия являются и проживающие здесь люди. Кроме того, влияние на Байкал оказывают не только эффекты, проявляющиеся в прибрежной зоне, но и воздействия, оказываемые в пределах его обширной зоны влияния. Понимание необходимости учета этого факта в вопросах охраны Байкала и привело к появлению такого образования, как Байкальская природная территория. В 2021 г. в закон были внесены поправки, требующие проведения регулярного мониторинга состояния БПТ; кроме того, на 44-й сессии ЮНЕСКО рассматривался во-

¹ Общеизвестное определение сверхтуризма пока отсутствует, но все специалисты связывают этот феномен с превышением в туристической дестинации предельной пропускной способности, прежде всего социальной, т.е. сверхтуризм возникает тогда, когда хозяева и гости ощущают, что посетителей слишком много, а качество жизни в районе или качество впечатлений недопустимо ухудшается [цит. по (Александрова и др., 2021)].

² Федеральный закон от 01.05.1999 № 94-ФЗ (ред. от 30.12.2021) “Об охране озера Байкал”.

³ Под Ангаро-Енисейским ТПК подразумевается ТПК Ангаро-Енисейского региона (Бандман, 1980).

⁴ Под Байкальским регионом понимаются три субъекта РФ, расположенные в окрестностях оз. Байкал: Иркутская область, Республика Бурятия и Забайкальский край (Винокуров, Суходолов, 2008). Термины Байкальский регион и БПТ не синонимичны, однако БПТ в определенных Постановлении Правительства РФ от 06.09.2000 № 661 “Об экологическом зонировании Байкальской природной территории...” границах полностью расположена в пределах Байкальского региона.

прос о включении Байкала в список природного наследия в опасности⁵. Вкупе все эти особенности обуславливают актуальность расчета интегрального индекса АВ для муниципальных образований, входящих в БПТ.

ИЗУЧЕННОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Сравнение зарубежного и отечественного опыта показало, что зарубежные интегральные оценки сформировали *теоретическую базу* для исследований, предложив концепт качества жизни и устойчивого развития. Поэтому методики получения таких индексов содержат разнонаправленные показатели, основанные на эффекте декаплинга, когда социально-экономический рост должен достигаться при снижении экологических индикаторов, которые включаются в интегральные индексы в разных пропорциях (City ..., 2017; Environmental ..., 2001; Index ..., 2014; The Green ..., 2012). В индексах *социально-экономического развития* присутствуют один-два экологических показателя, вклад которых не превышает 5%; в индексах *качества жизни* их доля составляет в среднем 10–15%, а *устойчивого развития* – 20–70% (Добролюбова, 2015). Как правило, выбираются показатели экологоориентированности [развитие общественного транспорта, зеленой экономики, потенциал или использование возобновляемых источников энергии, рециклинга отходов, низкоуглеродного развития (Бобылев и др., 2012; Бобылев, Порфирьев, 2016)] или экологического управления, прозрачности и вовлеченности граждан (стратегии по зеленому развитию, общественное участие, учет рисков природных катастроф, транспарентность и пр.). Данный тип показателей чаще всего используется, когда объектами оценки служат не столько территории, сколько компании и предприятия (Sustainable ..., 2015; The Green ..., 2012; UN–Habitat ..., 2012; World's ..., 2019).

В отечественной науке, начиная с 1980-х годов, векторная триада “воздействие–изменение–последствия” (Мухина, Рунова, 1977) стала методологической основой для конкретных методик оценки именно экологической ситуации, их методической стройности и четкости. Поэтому в российской практике раньше появились индексы АВ (Касимов и др., 2014). В них используются только показатели нагрузки. Это позволяет создать итоговый рейтинг по интегральному показателю, который строится от худшего к лучшему, выделяя главных аутсайдеров оценки, тем самым стимулируя их развитие. Зарубежные рейтинги строятся от лучшего к худшему, что позволяет

оценить конкурентоспособность субъектов, их преимущества. Это важно, поскольку рейтинг представляет информацию в форме, понятной широкому кругу лиц, и выявляет дефекты методики построения интегрального индекса (Бобылев и др., 2012).

Отечественные и зарубежные интегральные оценки имеют следующие общие черты: во-первых, расширение границ исследования за счет построения новых методик; многогранность оценок – задачи, методы и объект исследования никак не ограничены (Волошинская, Акимова, 2022); во-вторых, рост внимания к технической и технологической сторонам оценки, использованию математических методов, ГИС и проч.; в-третьих, определяющим для отбора показателей для большинства интегральных индексов служит статистическая обеспеченность⁶. В международных организациях и ряде стран накоплен значительный объем статистической информации, который позволяет формировать индексы согласно различным поставленным целям. Российская статистическая база имеет ограниченный набор показателей со множеством изъянов, но она постепенно совершенствуется, более полной становится обеспеченность информацией на уровне муниципальных образований. Особые проблемы создает закрытость нефинансовой отчетности предприятий, что существенно затрудняет учет локального и трансграничного воздействия. Фактор статистической обеспеченности обуславливает то, что наиболее слабо разработан локальный уровень – муниципальных образований. Большинство оценок представлено страновым, региональным или городским уровнем (Битюкова, 2022)⁷.

Обзор публикаций последних лет, посвященных самому широкому спектру проблем Байкальской природной территории, позволяет сделать вывод, что интегральных оценок различных видов АВ для данной территории пока не проводилось, но при этом глубоко исследованы многочисленные частные проблемы территории (Владимиров и др., 2016; Экологический ..., 2015). Наиболее разработана тематика по анализу различных аспектов рекреационной деятельности, где основной упор сделан не столько на уровне ее АВ на окружающую среду, сколько на перспективе расширения и диверсификации (Александрова и др., 2021; Евстропьева, 2021). Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду хозяйственного комплекса проработаны наиме-

⁵ Раздел 7 аналитического доклада о состоянии сохранности объектов всемирного наследия по итогам 44 сессии Комитета всемирного наследия. <https://whc.unesco.org/archive/2021/whc21-44com-7-en.pdf>

⁶ См. Долгих, Антонов, 2015; Основные показатели охраны окружающей среды-017. Федеральная служба государственной статистики. http://www.gks.ru/bgd/regl/b_oxrl7/Main.htm; Blacksmith Institute, Environmental Rating of World Cities. <http://www.blacksmithinstitute.org>

⁷ Интегральный рейтинг ста крупнейших городов России (Тор-100) по данным 2013 года. <http://urbanica.spb.ru/?p=3821> (дата обращения 07.18.2022).

нее подробно. Чаще всего они ограничиваются анализом географии имеющихся и проектируемых промышленных объектов и оценкой участков, подвергшихся в результате функционирования промышленных объектов механическим нарушениям (Байкал ..., 2009; Байкальский ..., 2021).

Цель данного исследования заключается в разработке и апробации методики интегральной оценки АВ в разрезе муниципалитетов БПТ — территории с неравномерным размещением населения, обладающей сложной пространственной структурой АВ, требующей учета в оценке эколого-географического положения районов.

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Важная особенность разработанной методики — использование только открытых официальных статистических данных, публикуемых федеральными структурами (База данных показателей муниципальных образований⁸ и Единая межведомственная информационно-статистическая система⁹ от Росстата, База данных Росприроднадзора), а также полученных по запросу Минприроды России у региональных органов власти. Существующая система подготовки муниципальной статистики и особенно статистики поселений не разрабатывает и по этой причине делает невозможным учет значительной части показателей, отражающих ряд факторов, значимых для формирования экологической ситуации территорий и, следовательно, важных при формировании интегрального индекса антропогенного воздействия. Поэтому база данных была дополнена авторами статьи показателями, которые отсутствуют для муниципального уровня.

— *Объем выбросов от автомобильного транспорта и от маломерных судов* рассчитывался на основе данных о количестве и структуре зарегистрированных транспортных средств (по данным Федеральной налоговой службы — ФНС) и по методике расчета выбросов от передвижных источников, рекомендованной Минприроды РФ¹⁰.

— *Площадь нарушенных земель* была рассчитана методом визуального дешифрирования космических снимков высокого разрешения Sentinel-2, Landsat-8, WorldView-1, WorldView-2 с дальней-

шей верификацией на ключевых участках в ходе экспедиционных исследований. Сведения о локализации месторождений разных видов полезных ископаемых были получены на сайте Роснедр, уточнены путем дешифрирования и полевого обследования¹¹. Средствами ГИС были определены площади всех контуров нарушенных земель для каждого временного среза и оценена их динамика за период с 2014 по 2020 г. в разрезе муниципальных образований БПТ и в разрезе поселений Центральной экологической зоны (ЦЭЗ).

— *Объем выбросов в атмосферу от сжигания топлива в автономных системах отопления индивидуальных жилых строений* рассчитывался вперывые. Для этого была проведена оценка количества индивидуальных подворий, верифицированы ее результаты по оценкам глав администраций сельских поселений, оценена площадь жилых строений в пределах ЦЭЗ с применением данных дистанционного зондирования. Оценка площади жилых строений для всей БПТ в разрезе населенных пунктов проведена путем распределения значений жилой площади, доступной в базах Росстата (БДПМО), пропорционально количеству индивидуальных подворий. Для оценки значимости влияния на атмосферу сжигания топлива в автономных системах отопления в данной работе был произведен расчет выбросов от этого процесса на двух масштабных уровнях: в разрезе муниципальных образований для БПТ в целом и на более детальном уровне в разрезе населенных пунктов для территории ЦЭЗ. Для этого были проведены опросы населения, глав и специалистов администраций в 32 муниципальных образованиях, 57 глав сельских поселений и населения в 125 городских и сельских поселениях. Опросы населения и представителей администрации использовались для выявления видов топлива, используемых в автономных системах отопления жилых строений, а также для оценки среднего потребления топлива для отопления 1 м² жилой площади.

Разработанная методика интегральной оценки АВ включает 5 стадий.

1. *Выбор приоритетных компонентов оценки* определялся их значимостью для БПТ и одновременно статистической обеспеченностью. Выделены блоки воздействия на атмосферу, водные, лесные ресурсы, аграрное воздействие, от образования отходов промышленности и ТКО, от нарушенных земель и объектов накопленного вреда, а также блок “фоновое воздействие” (включающий население, размещение и плотность инфраструктуры), чтобы ликвидировать недостатки официальной статистики, которая не охватывает значительную часть воздействия, связанного с

⁸ БДПМО — База данных показателей муниципальных образований. <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Munst.htm>

⁹ ЕМИСС — Единая межведомственная информационно-статистическая система. <https://fedstat.ru/>.

¹⁰ Приказ Минприроды России от 27.11.2019 № 804 “Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха” (зарегистрировано в Минюсте России 24.12.2019 № 56957).

¹¹ earthexplorer.usgs.gov.

Таблица 1. Показатели уровня антропогенного воздействия, максимальные и минимальные значения для БПТ за период 2014–2020 гг.

Блок	Обозначение	Показатель	Макс	Мин
Атмосфера	A_1	Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в расчете на площадь ареала загрязнения (застроенной площади населенных пунктов), т/км ²	16.4	0
	A_2	Плотность выбросов автомобильного транспорта и маломерных судов, тыс. т/км маршрутной сети	8.2	0.041
	A_3	Коэффициент токсичности атмосферных выбросов	61.6	0.44
	A_4	Выбросы от автономных систем отопления, кг/площадь застроенных земель, т/га	10.8	0.04
Водные ресурсы	B_1	Забор воды на душу постоянного населения, м ³ /чел.	12083.2	0*
	B_2	Сброс сточных вод на душу постоянного населения, м ³ /чел.	11695.3	0
	B_3	Сброс загрязненных стоков на душу постоянного населения, м ³ /чел.*	951.3	0
Отходы	C_1	Объем образованных ТКО на душу населения, тыс. т/чел.	0.65	0.3
	C_2	Приведенный объем отходов с учетом класса опасности I–V (коммунальных и промышленных) на застроенную площадь, усл. т/км ²	50.46	0.001
Сельское хозяйство	D_1	Доля сельхозугодий в площади МО, %	46.6	0
	D_2	Доля посевных площадей в общей площади сельхозугодий, %	63.7	0.2
	D_3	Поголовье крупного рогатого скота в расчете на площадь пастбищ, голов/га	486.6	3.4
Нарушенные земли	E_1	Доля нарушенных земель от общей площади территории, %	0.0051	0
	E_2	Наличие объектов накопленного вреда (отражает наличие нерекультивированных производственных зон, мест хранения накопленных отходов I–II класса опасности, шламонакопителей отходов 3 класса опасности, но расположенных вблизи Байкала или рек, впадающих в озеро), балл	1	0
Фоновое воздействие	F_1	Плотность постоянного населения, тыс. чел./км ²	2.25	0.002
	F_2	Плотность автодорог, км/км ²	6.4	0.006
	F_3	Плотность лиц (туристов), размещенных в коллективных средствах размещения на единицу территории, чел./км ²	1.8	0
	F_4	Количество зарегистрированных транспортных средств по классам в расчете на численность населения, ед./чел.	0.59	0.22
Лесные ресурсы	L_1	Доля лесов, погибших под воздействием неблагоприятных факторов, в общей площади лесов, %	1.6	0
	L_2	Доля площади лесов, пройденных пожарами, %	49.8	0
	L_3	Отношение фактического объема заготовки древесины к максимально разрешенному, %	252.9	0

* Сброс сточных вод включает в основном теплые сточные воды от объектов топливной энергетики; загрязненные сточные воды поступают от промышленности и объектов жилищно-коммунального хозяйства, их доля варьирует от 10 до 100% по муниципальным образованиям БПТ.

** Забор воды в г. Петровск-Забайкальский территориально осуществляется на территории Петровск-Забайкальского муниципального района (МР).

жизнедеятельностью населения, особенно сельского.

2. По каждому блоку были отобраны *показатели*, которые, дополняя друг друга, адекватно отра-

жают разные виды антропогенного воздействия (табл. 1) в соответствии с принципами статистической достоверности, системности, обеспеченности статистической информацией, выражен-

ной территориальной дифференциации; наличия четко интерпретируемой динамики.

3. *Нормирование* проводилось по формуле линейного масштабирования. Для того чтобы нивелировать влияние статистических выбросов (экстремальных отклонений от нормального распределения значений показателей) для определения границ нормирования использовался метод так называемого межквартильного интервала. Его суть состоит в выделении интервала нормирования, очищенного от выбросов, и присвоении выбросам минимального или максимального значения (0 или 1, если интервал нормирования принят за [0; 1]). Значение межквартильного интервала рассчитывается как разница между 75 и 25 перцентилями элементов. После определения межквартильного расстояния определяются границы нормирования $[a; b]$ по формуле (1):

$$[x_{25} - 1.5(x_{75} - x_{25}); x_{75} + 1.5(x_{75} - x_{25})], \quad (1)$$

где x_{25} и x_{75} – 25 и 75 процентиля распределения показателя, $a = x_{25} - 1.5(x_{75} - x_{25})$, $b = x_{75} + 1.5(x_{75} - x_{25})$.

Итоговое нормирование всех наблюдений производится по формуле (2):

для $x_i \in [a; b]$ –

$$x_i^n = \frac{x_i - a}{b - a}, \quad (2)$$

где x_i^n – нормированное значение наблюдения, a и b определены в формуле (1);

для $x_i > b = 1$; для $x_i < a = 0$.

4. Для оценки значимости различных индикаторов было опрошено 47 экспертов из разных областей науки, разных научных школ, академических институтов и вузов, специалистов в области составления экологических рейтингов и представителей системы управления природопользованием на территории БПТ. Подбор экспертов осуществлялся исходя из необходимости учесть точку зрения научного сообщества, представителей системы управления природоохранной деятельностью и экспертного сообщества, освещающего проблемы охраны окружающей среды. Среди экспертов опрошены ведущие исследователи в своих областях, непосредственно связанные с решением отраслевых экологических проблем и специалисты, хорошо знакомые с проблематикой Байкальской природной территории. Экспертам предлагалось оценить по 9-балльной шкале значимость показателей, характеризующих разные аспекты состояния окружающей среды. Итоговые веса показателей (P_i) получены путем вычисления среднего арифметического из всех оценок экспертов.

Мнение экспертов относительно блока “Лесные ресурсы”, имеющего значительное число высших оценок, затем блока “Твердые отходы” с несколько меньшей долей высоких оценок, оказалось консолидированным. Значительный разброс мнений характерен для блоков “Сельское хозяйство” и “Водные ресурсы”, что во многом связано с качеством и территориальным охватом собираемой статистики. Показатели блока “Атмосфера” имеют средние значения как коэффициента вариации (0.4), так и количества высоких оценок.

5. Интегральный индекс антропогенного воздействия (ИАВ) для каждого муниципального образования состоит из семи субиндексов, обозначенных в формуле (3):

$$\begin{aligned} \text{ИАВ} = & \left(\frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4} \right) + \left(\frac{B_1 + B_2 + B_3}{3} \right) + \\ & + \left(\frac{C_1 + C_2}{2} \right) + \left(\frac{D_1 + D_2 + D_3}{3} \right) + \\ & + \left(\frac{E_1 + E_2}{2} \right) + \left(\frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}{4} \right) + \left(\frac{L_1 + L_2 + L_3}{3} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

где $A-L$ переменные (см. табл. 1) – нормированные значения, умноженные на вес фактора, определенного экспертами.

6. *Особенности оценки по муниципальным образованиям (МО).* В пределы БПТ попадает 43 МО (муниципальные районы – МР и городские округа – ГО). Из принципов выделения БПТ следует и еще одна важная для исследования особенность: в ее пределы входят все территории, которые могут оказывать влияние на экологическое состояние Байкала (за исключением расположенных за рубежом), ограниченные орографическими и прочими физико-географическими барьерами. С этих территорий в Байкал могут попадать загрязнения, используя различные каналы: преимущественно воздушные в зоне атмосферного влияния и водные в буферной зоне. Центральная зона же ограничивает территорию-реципиента воздействия, место концентрации природного наследия. Границы МО не всегда совпадают с границами зон БПТ. Больше подходят границы поселений, но даже они не всегда соотносятся с границами зон БПТ. Фактически можно исключить из рассмотрения муниципальные районы Улётовский Забайкальского края, Тункинский и Муйский Республики Бурятия, которые входят в буферную зону БПТ неизбежными частями или ООПТ (рис. 1).

В наибольшей степени границы БПТ совпадают с границами МО зоны атмосферного влияния: за пределами БПТ живет только 2.2% населения в Казачинско-Ленском районе и 25% населения Черемховского района, причем за пределами зоны нет источников АВ, нагрузка рассчитывалась для района в целом. В буферной зоне живет 34%

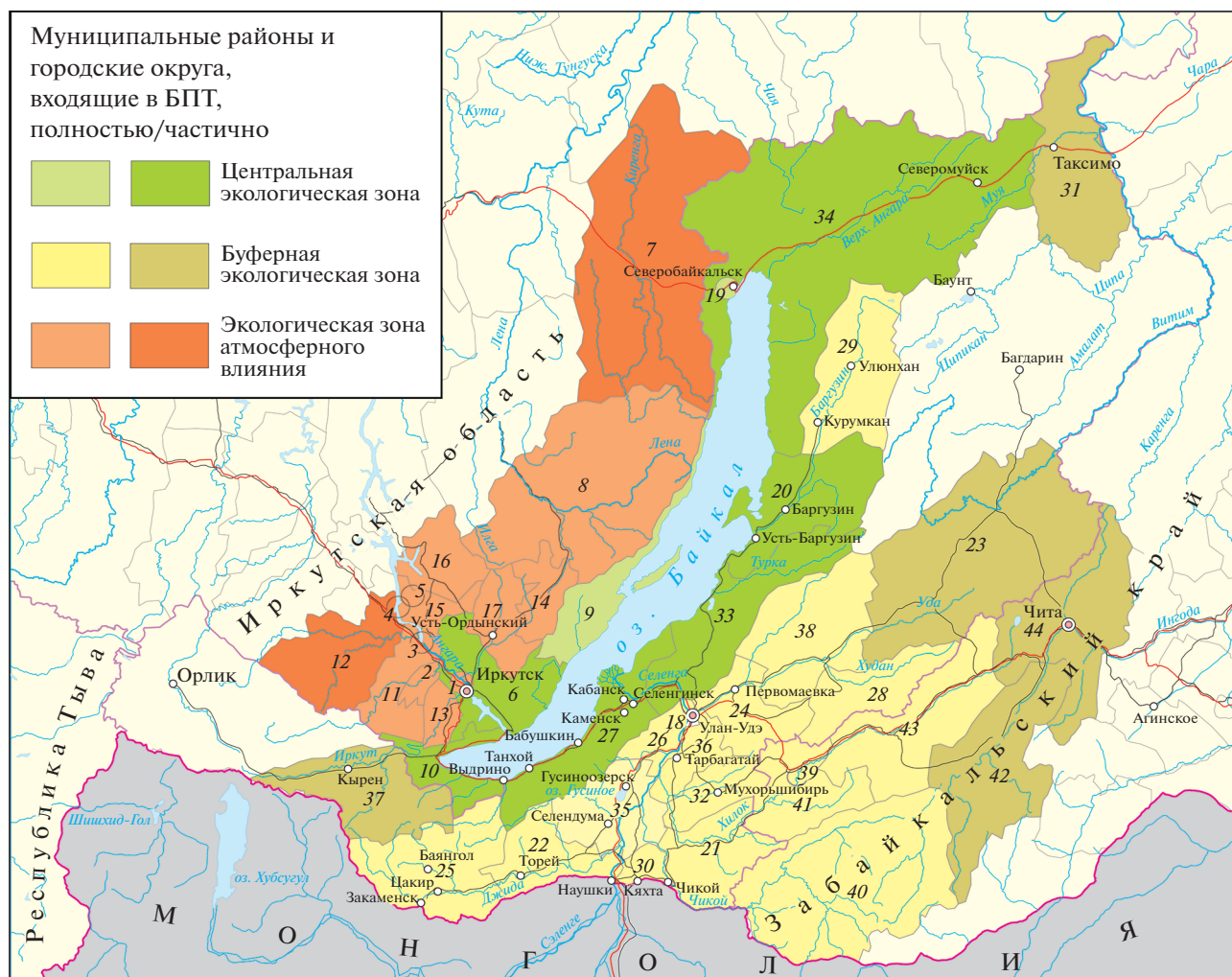


Рис. 1. Муниципальные образования в пределах Байкальской природной территории и ее экологических зон. 1 – ГО город Иркутск; 2 – ГО Ангарское МО; 3 – ГО город Усолье-Сибирское; 4 – ГО Черемховское МО; 5 – ГО Свирское МО; 6 – Иркутский МР; 7 – Казачинско-Ленский МР; 8 – Качугский МР; 9 – Ольхонский МР; 10 – Слюдянский МР; 11 – Усольский МР; 12 – Черемховский МР; 13 – Шелеховский МР; 14 – Баяндаевский МР; 15 – Боханский МР; 16 – Осинский МР; 17 – Эхирит-Булагатский МР; 18 – ГО город Улан-Удэ; 19 – ГО город Северобайкальский; 20 – МР Баргузинский; 21 – МР Бичурский; 22 – МР Джидинский; 23 – МР Еравнинский; 24 – МР Заиграевский; 25 – МР Закаменский; 26 – МР Иволгинский; 27 – МР Кабанский; 28 – МР Кижингинский; 29 – МР Курумканский; 30 – МР Кяхтинский; 31 – МР Муйский; 32 – МР Мухоршибирский; 33 – МР Прибайкальский; 34 – МР Северо-Байкальский; 35 – МР Селенгинский; 36 – МР Тарбагатайский; 37 – МР Тункинский; 38 – МР Хоринский; 39 – ГО город Петровск-Забайкальский; 40 – Красночикойский МР; 41 – Петровск-Забайкальский МР; 42 – Улётовский МР; 43 – Хилокский МР; 44 – Читинский МР.

Составлено по: Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям / Росстат. <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282>; Карта Байкальской природной территории (Масштаб 1 : 1 000 000) проекта «Охрана озера Байкал» (<http://geol.irk.ru/baikal/>). Сайт создан по заказу МПР России и ведется под управлением Росприроднадзора).

населения Еравнинского района и всего 3.5% Читинского района (это только 2 сельских поселения Беклемишевское и Арахлейское). В этом случае показатели образования коммунальных отходов, водопотребления и стоков рассчитывались пропорционально численности населения, объемы выбросов от автономных систем отопления рассчитывались по отдельным населенным пунктам,

нарушенные земли и выбросы от автотранспорта, фоновая нагрузка – в разрезе поселений, нагрузка на леса – по лесничествам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Покомпонентный анализ воздействия на окружающую среду, проведенный на первом этапе,

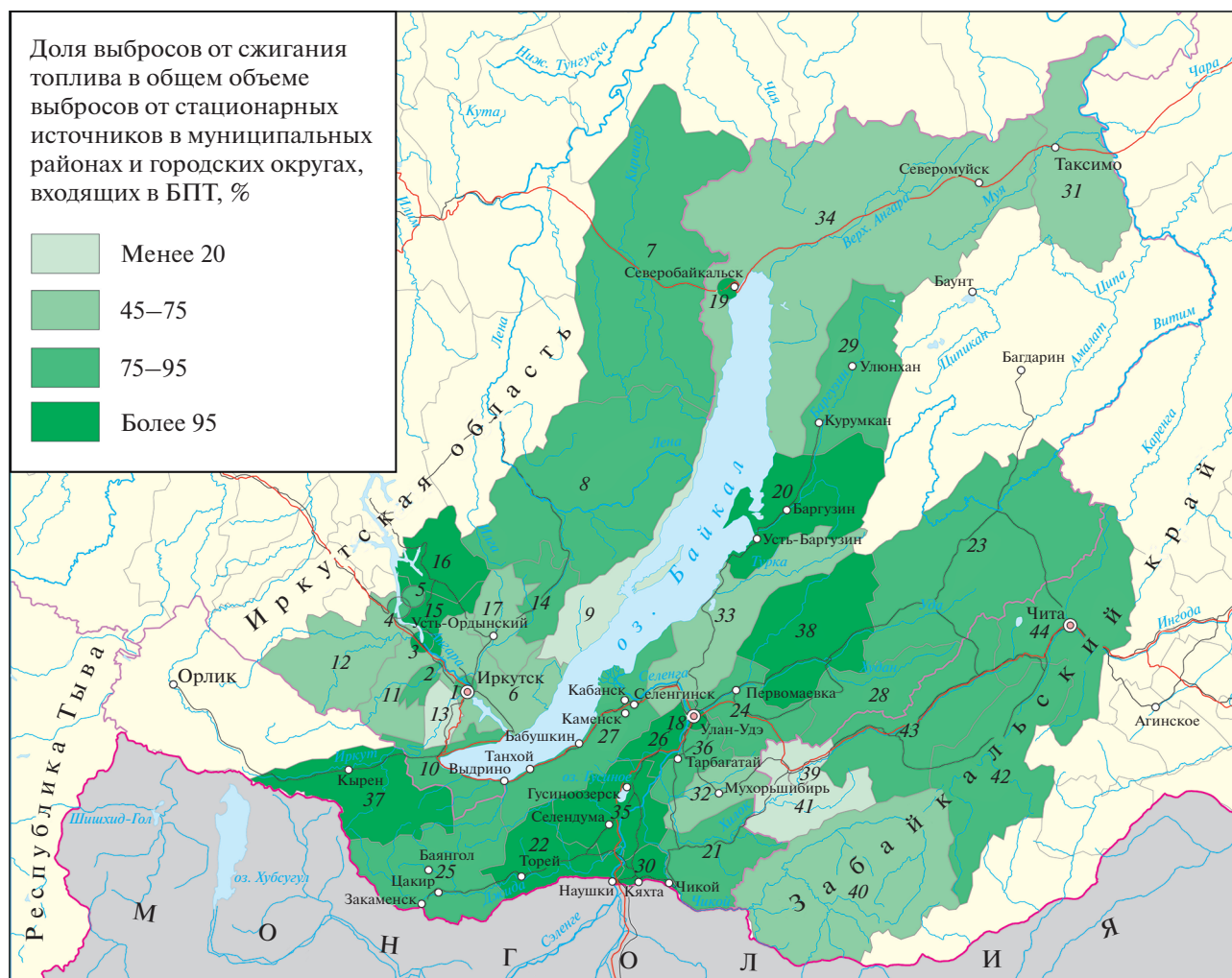


Рис. 2. Доля выбросов от сжигания топлива в валовом объеме выбросов в атмосферу от стационарных источников (без выбросов от автономных систем отопления). Экспликацию см. в подписи рис. 1.

показал, что МО в пределах БПТ сильно поляризуются по уровню воздействия на водные ресурсы и атмосферу: оно концентрируется в Иркутском и Селенгинском ареалах, при этом такая нагрузка здесь обусловлена производственными процессами, а в прочих сельских районах — потребностями населения.

В целом по территории БПТ автономные системы отопления наряду с централизованными системами энерго- и теплоснабжения являются доминирующим источником выбросов в большей части МО (рис. 2). Особенно ярко это проявляется в тех зонах, где в качестве топлива используется уголь, что наиболее характерно для индивидуальной жилой застройки. Как правило, это происходит в двух типах поселений: расположенных в непосредственной близости от предприятий по добыче угля и в относительно крупных поселках с высокими доходами населения, когда большие

дома выгоднее отапливать с помощью угольных котлов (рис. 3).

Для БПТ характерен высокий уровень концентрации населения и хозяйственной деятельности в нескольких крупных центрах, но в то же время отмечается и довольно высокая степень заселенности сельских районов южной части региона. Отдельным источником воздействия, характерным для прибрежной зоны Байкала, выступают туристы, в том числе неорганизованные. Факторы, определяющие соотношение постоянного и временного населения довольно разнообразны, и далеко не всегда определяются лишь природной сезонностью (Воробьев, 2020). Для мелких и мельчайших населенных пунктов ключевым фактором является положение в системе расселения. Наиболее сильно колеблется численность населения в сельских населенных пунктах, расположенных на периферии МР и не имеющих подъездных дорог, для которых характерно превыше-

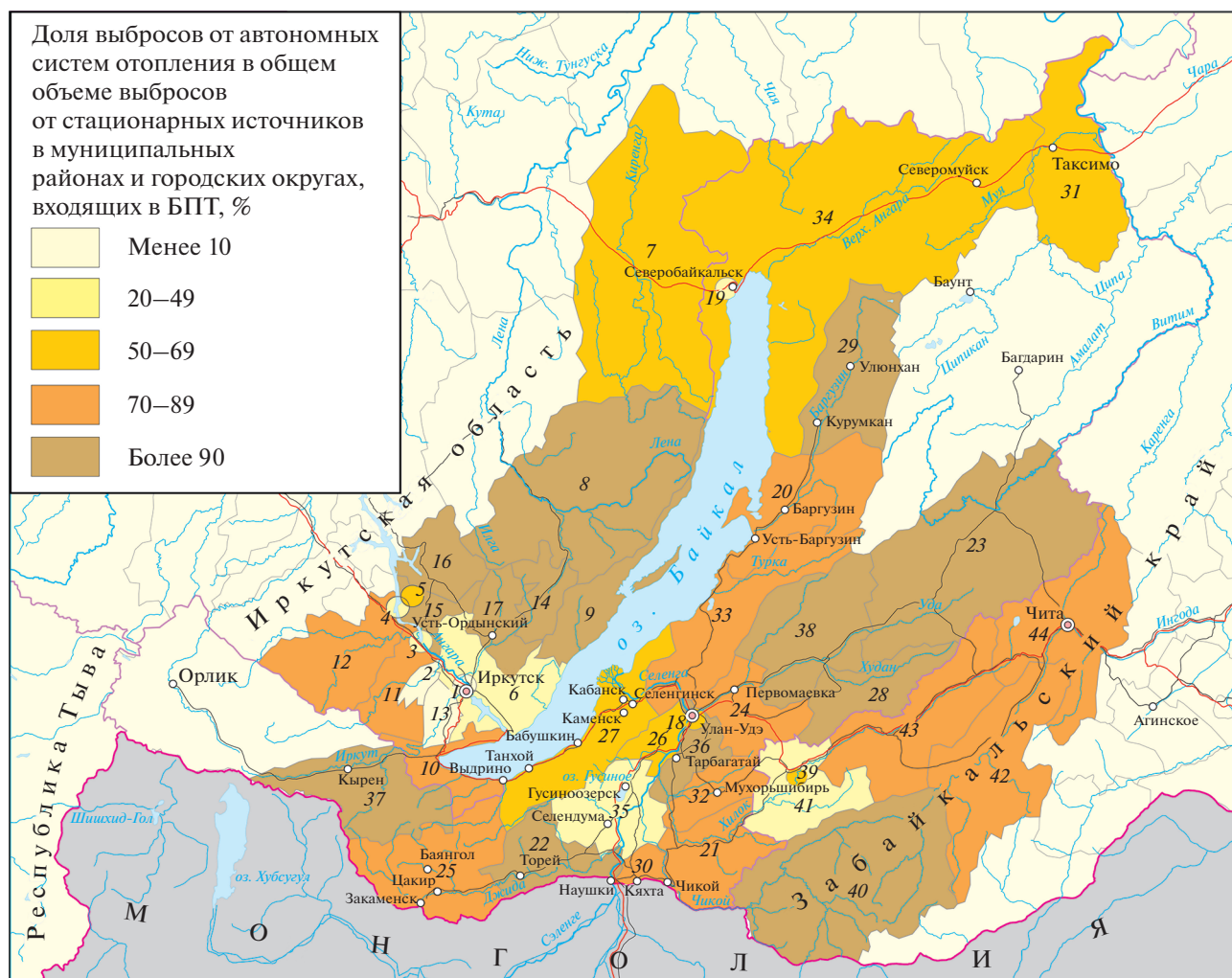


Рис. 3. Доля выбросов от автономных систем отопления, %. Экспликацию см. в подписи рис. 1.

ние летнего населения над зимним. В центрах МР, сельских поселений и крупных населенных пунктах с более благополучной социально-экономической ситуацией, по оценкам экспертов, как правило, достигается баланс между приезжающими в летний период городскими дачниками, и возвращающимися в зимний период вахтовиками и мигрантами-отходниками. В результате численность наличного населения (по данным опросов и интервью) отличается от зарегистрированного в меньшую сторону в среднем не более чем на 10%. В средних по размеру (300–700 чел.) сельских населенных пунктах превышение максимального (летнего) населения над зимним находится в пределах 20%.

Превышение же численности фактического населения над числом официально зарегистрированного характерно для пригородных районов региональных центров, где специфическая субурбанизация происходит прежде всего за счет снимающих жилье на длительный срок бывших сельских жите-

лей периферийных сельскохозяйственных районов. Хотя в настоящее время таких населенных пунктов в пределах собственно ЦЭЗ нет, но по мере развития транспорта и расширения зон влияния региональных центров появление их в перспективе исключать нельзя.

Общий тренд в развитии системы сельского расселения — поляризация, которая будет усиливаться за счет размывания относительно жизнеспособной группы средних по размеру пунктов и их перехода в категорию мелких (рис. 4). В результате, сезонные демографические колебания будут расти: численность постоянных жителей продолжит уменьшаться, а временного населения, как рекреантов, так и привлекаемого персонала в учреждениях отдыха, будет увеличиваться.

Население в настоящем ИАВ включено в блок “Фоновое воздействие”. При расчете индекса на муниципальном уровне вклад собственно населения не слишком велик, а его дифференциация по сезонам года не дает значительных различий в ин-

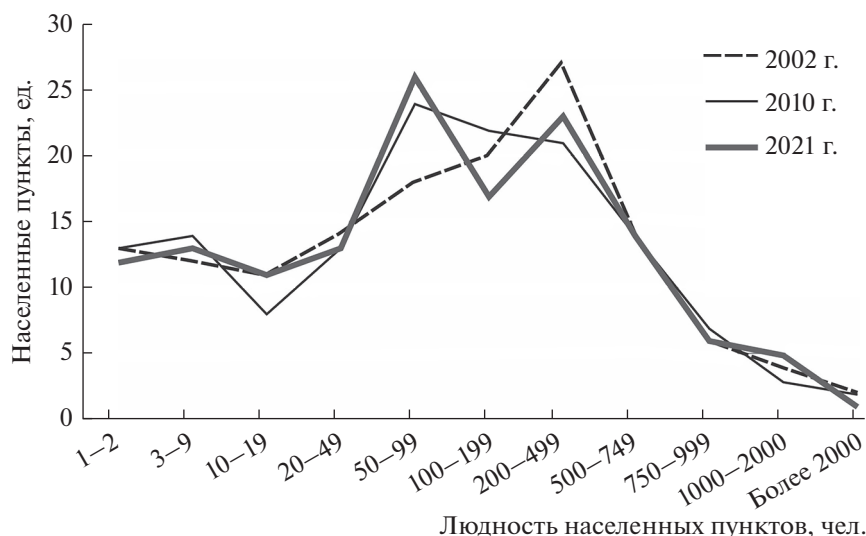


Рис. 4. Распределение населенных пунктов ЦЭЗ по численности населения в 2002, 2010 и 2021 гг.

дексе, поскольку перекрывается вкладом остальных компонент или косвенно учитывается через них, например, в объемах стоков. Роль населения должна усилиться при переходе на более крупный масштабный уровень в первую очередь для узкой прибрежной полосы, где концентрируется основная часть рекреантов.

Сельскохозяйственное воздействие на БПТ довольно велико и имеет наибольшее пространственное распространение, что обусловлено традиционными занятиями населения и характером расселения. Лесозаготовка в пределах БПТ ведется менее активно, чем в остальной Сибири, но

лесные ресурсы также являются объектом АВ, главными факторами становятся вырубki и лесные пожары. Показатели нагрузки на леса, несмотря на то что не все они имеют прямое отношение к антропогенным факторам, в некоторой степени ими обусловлены. Пожары 2015 г. сильнее затронули БПТ: выше всего доля пройденных пожарами лесов была в районах Бурятии, непосредственно примыкающих к Байкалу (в частности Кабанском), а также в районах Бурятии и Забайкальского края к югу, востоку и северу от муниципальных образований, входящих в БПТ. Пожары 2019 г. БПТ почти не затронули (основные очаги были

Таблица 2. Основные социально-экономические показатели по типам муниципальных образований БПТ в 2020 г.

Тип	Постоянное население		Объем отгруженных товаров и услуг, произведенных собственными силами		Объем производства продукции сельского хозяйства	
	тыс. человек	%	млрд руб.	%	млн руб.	%
1	1067.5	42.1	512658.6	63.7	6094.4	10.7
1а	986.7	38.9	457623.5	56.8	3719.7	6.5
1б	80.8	3.2	55035.1	6.8	2374.6	4.2
2	840.2	33.1	240817.5	29.9	14447.8	25.3
2а	557.8	22.0	198392.6	24.6	1903.2	3.3
2б	176.0	6.9	16267.4	2.0	3989.8	7.0
2в	106.4	4.2	26157.5	3.2	8554.7	15.0
3	143.4	5.7	18750.8	2.3	21395.1	37.4
4	391.5	15.4	28826.6	3.6	11981.2	21.0
5	94.3	3.7	4168.2	0.5	3265.0	5.7
Всего	2536.9	100.0	805221.7	100.0	57183.5	100.0

Источник: Росстат, БДПМО.

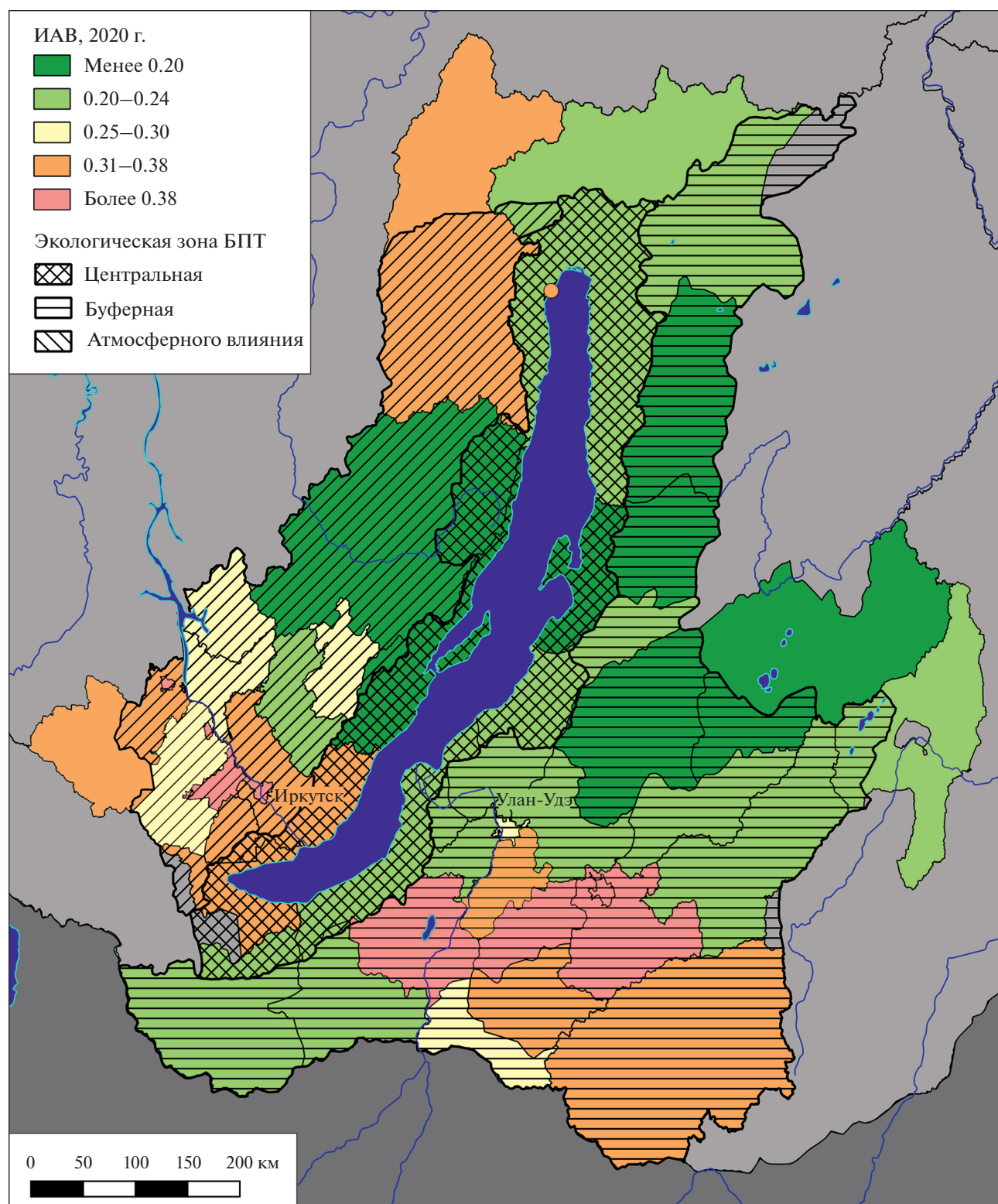


Рис. 5. Интегральный индекс антропогенного воздействия по муниципальным образованиям БПТ в 2020 г.

севернее, на севере Иркутской области и в Якутии). Из числа муниципальных районов, выходящих непосредственно к Байкалу, под ударом оказался Северобайкальский район Бурятии. Пози-

ции районов-лидеров по данному показателю очень нестабильны и во многом зависят от случайных факторов. Четких тенденций не выделяется, в том числе и в результате неточностей под-

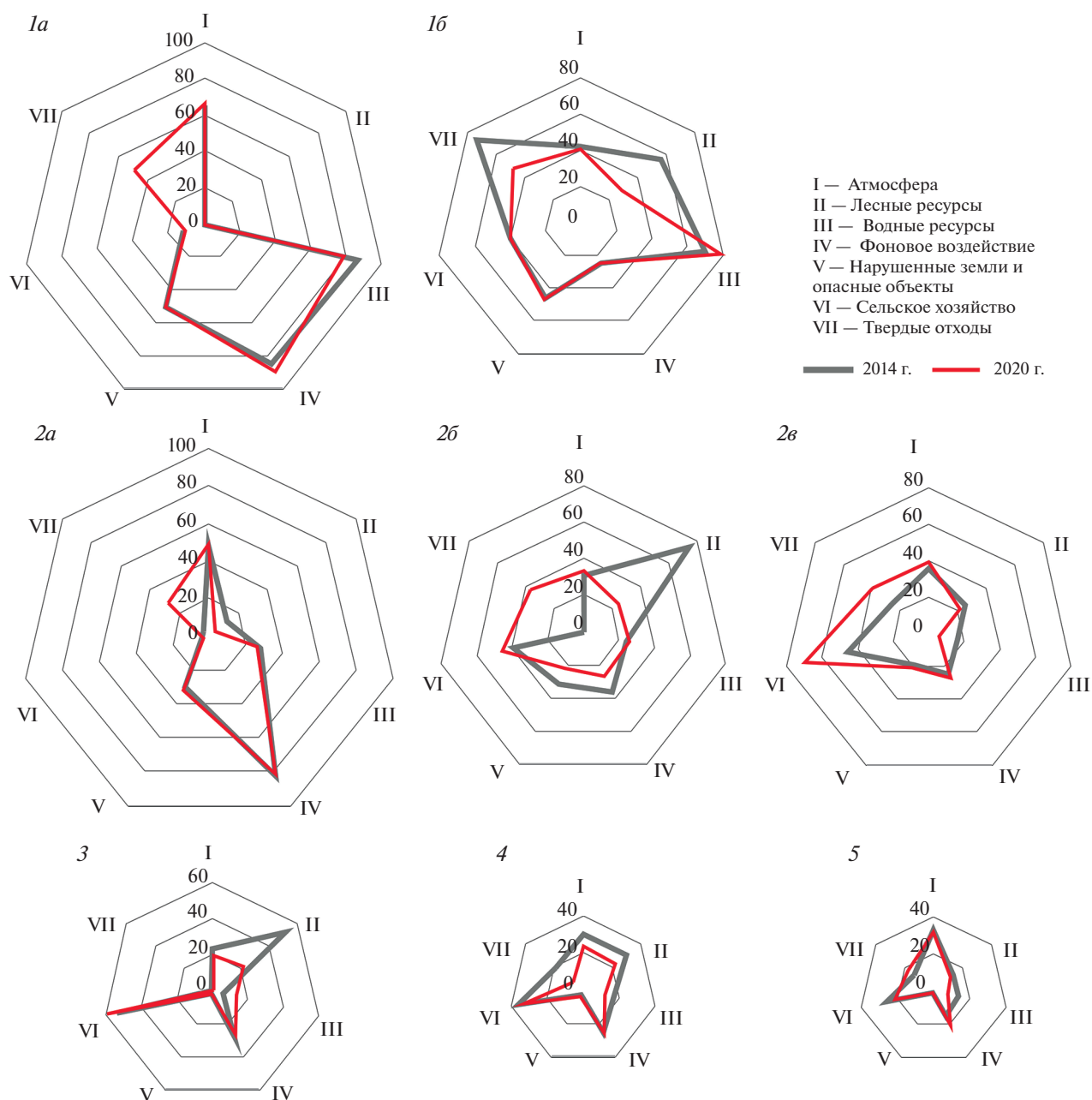


Рис. 6. Типы и подтипы муниципальных образований по структуре ИАВ, 2014 и 2020 гг.

счета в отдельные годы (иногда определяется визуально сотрудниками лесничеств).

Интегральная оценка уровня АВ позволила построить рейтинг муниципальных образований. По значениям интегрального индекса выделено пять основных типов муниципальных образований, по структуре ИАВ выделяются подтипы (рис. 5, 6).

Тип 1 объединяет наиболее крупные по численности населения и объемам промышленного производства муниципалитеты, в которых высокое значение ИАВ (более 0.38) достигается за счет

повышенных значений большей части видов нагрузки на среду. Он представлен двумя подтипами, различающимися по структуре расселения и географии входящих в них муниципальных образований. Высокий уровень АВ, как правило, приурочен к размещению крупных производств и крупным формам расселения. В МО первого типа концентрируется 64% промышленной продукции и 42% постоянного населения БПТ (табл. 2).

Высокий уровень АВ, как правило, связан с достаточно равномерной структурой ИАВ. Внутри индекса вклад большинства субиндексов ста-

новится примерно равным, поскольку для высокого уровня АВ характерны высокие значения почти всех частных индикаторов. Но для БПТ характерно формирование высокого уровня ИАВ для двух совершенно разных типов территорий.

Подтип 1а образуют крупные городские округа (Иркутск, Ангарск, Черемхово, Усолье-Сибирское) в пределах Иркутско-Ангарской агломерации, расположенные вдоль транспортного коридора, осями которого выступают Транссибирская магистраль и верхнее течение р. Ангара. Здесь отмечаются наиболее высокие значения субиндексов воздействия на атмосферу, водные объекты, имеются значительные площади нарушенных земель, отмечается сильное фоновое воздействие на окружающую среду за счет высокой численности населения.

В *подтип 1б* входят три муниципальных района в разных частях БПТ (Селенгинский, Петровск-Забайкальский, Мухоршибирский), на территории которых имеются довольно крупные источники воздействия на окружающую среду — угольные разрезы, горнодобывающие предприятия цветной металлургии, предприятия тепловой энергетики. Особенность *подтипа 1б* — заметное влияние на окружающую среду сельскохозяйственной деятельности и более высокие значения субиндекса воздействия на лесные ресурсы.

Тип 2 с повышенным уровнем АВ включает муниципалитеты с весьма высоким значением ИАВ (0.3–0.38), обусловленным наличием отдельных крупных источников воздействия на окружающую среду и, напротив, сниженным влиянием других групп факторов. В муниципалитетах данного типа проживает 33% населения БПТ, производится 30% промышленной и 25% сельскохозяйственной продукции. В зависимости от особенностей источника тип делится на три подтипа:

Подтип 2а — городские муниципалитеты, имеющие за счет численности населения повышенное фоновое воздействие на среду, со средними значениями субиндекса воздействия на атмосферу и водные ресурсы. Это городские округа и муниципальные районы, в которых есть город (ГО Улан-Удэ, ГО Северобайкальск, Шелеховское МО, ГО Петровск-Забайкальский, ГО Свирск).

Данные муниципалитеты небольшие по площади, имеют высокий уровень централизованного тепло- и электроснабжения на угольном топливе. Для Северобайкальска и Петровска-Забайкальского объем выбросов в атмосферу не превышает 3 тыс. т при высокой доле выбросов от сжигания топлива, но существенный вклад вносят индивидуальные системы отопления. В Шелеховском районе объем выбросов в атмосферу составляет около 40 тыс. т, но поскольку основные источники — это Иркутский алюминиевый

завод, ЗАО “Кремний”, ООО “СУАЛ-ПМ”, то технологически обусловлено преобладание (более 3/4) в структуре выбросов окиси углерода СО (Государственный ..., 2021). При этом из-за низкой стоимости электроэнергии большая часть индивидуальных жилых строений имеет электрообогрев. У всех трех городов — средний объем сточных вод (2–5 млн м³), но доля загрязненных вод близка к 100%. Объем водопотребления также на среднем уровне, в структуре преобладает хозяйственно-питьевое. Исключение составляет Шелеховский район, где объем водопотребления крайне мал (около 25 тыс. м³) при самом высоком уровне оборотного водопотребления. Таким образом, относительно меньшее влияние водного фактора компенсируется большим уровнем атмосферного загрязнения.

Но главным фактором остается фоновое воздействие, обусловленное высокой плотностью населения, застройки, плотностью дорожной сети, высоким уровнем автомобилизации.

Подтип 2б — муниципальные районы с повышенным фоновым воздействием на среду (Иркутский) или имеющие значительные площади нарушенных земель (Слюдянский). Эти два района — прибрежные, в значительной своей части попадающие в ЦЭЗ, с высокой долей сезонного населения. Есть общие факторы формирования АВ: атмосферное загрязнение во многом определяется автомобильным транспортом и маломерными судами, в меньшей степени — котельными и печами в индивидуальных жилых строениях, которые используют в основном электроэнергию от ГЭС. Однако есть в структуре индекса и существенные различия: для Иркутского района характерна высокая нагрузка на леса, в Слюдянском она низкая. Обратная ситуация наблюдается с нагрузкой на водные ресурсы. В Иркутском МР оборотное водоснабжение отсутствует, но объемы водопотребления и стоков незначительные, большая часть этого объема очищается физико-химическими методами (89.5 тыс. м³).

Подтип 2в — довольно заселенные сельские районы со сравнительно высоким уровнем развития сельского хозяйства (Бичурский, Тарбагатайский, Черемховский), а также периферийные Красночикойский и Казачинско-Ленский районы с заметной ролью горнодобывающих производств в загрязнении среды. Вклад данных муниципальных образований в объем сельскохозяйственной продукции в 5 раз больше, чем их доля в объемах промышленного производства, и почти в 4 раза больше, чем в численность населения. Кроме сельского хозяйства в данных районах развита добывающая промышленность. В Бичурском районе ООО “Угольный разрез” разрабатывает Окино-Ключевское бурогольное месторождение, основным потребителем которого является

Гусиноозерская ГРЭС. В том числе по этой причине Бичурский район находится на третьем месте в БПТ по объему твердых отходов, который превышает 13 млн т. В Черемховском районе добывается 18% угля Иркутской области (в том числе 50% каменного угля) и производится 100% объема переработки каменного угля и производства угольного концентрата. Котельные и частный сектор района в основном используют уголь, за исключением отдаленных населенных пунктов. Поэтому ИАВ значительной части муниципальных образований находится скорее в зависимости от объемов промышленного производства, даже для тех районов, где вклад сельского хозяйства велик, как в объемы производства, так и в интегральный индекс воздействия.

Красночикойский район выделяется воздействием на водные ресурсы и накопленными твердыми отходами (четвертое место среди МО БПТ с объемом более 10 млн т) в результате деятельности небольших добывающих предприятий (основная нагрузка формируется за счет золотодобычи в ряде старательских артелей), угольного разреза (АООТ “Разрез Зашуланский”, АОЗТ “Турмалхан”), а также разрабатывающегося Малханского месторождения цветного турмалина. В Казачинско-Ленском районе основное антропогенное воздействие на водные и лесные ресурсы формируется в результате реализации проекта строительства газопровода “Сила Сибири”. Однако строительство газопровода пока мало отражается в статистических показателях: объемы выбросов в атмосферу практически не выросли, поскольку вахтовые рабочие размещаются либо в гостиничном фонде, многоквартирных домах, подключенных к централизованному отоплению (как, например, в п. Магистральный), либо в специальных вахтовых поселках; автотранспорт, в том числе технологический, зарегистрирован на других территориях; объемы отходов увеличились, поскольку поселки заключают договоры с региональным оператором на вывоз отходов, их прирост находит отражение в статистике. Выросли объемы водопотребления.

Средний уровень АВ выявлен в небольшом числе сельских районов и малых городах с воздействием сельского и лесного хозяйства (тип 3). Данный тип (значения ИАВ 0.265–0.281) образуют более сельские муниципалитеты с сохранившимся сельским хозяйством: пригородные Усольский и полупериферийный Кяхтинский, а также районы Усть-Ордынского округа – Баяндаевский, Боханский, Осинский. В Кяхтинском районе все показатели аграрной нагрузки находятся на уровне, немного превышающем медианный, включая плотность поголовья скота. В Усольском районе высокая аграрная нагрузка формируется в результате деятельности четырех достаточно крупных предприятий интенсивного

сельского хозяйства. Крупнейшее из них – СХОАО “Белореченское”, частично располагающееся и в Черемховском районе, СХПК “Усольский свинокомплекс” имеет поголовье в 108 тыс. голов, есть и другие крупные комплексы, специализирующиеся на производстве молока, мяса и картофеля. В менее развитых Боханском и Осинском районах второй по значимости вид воздействия – фоновый, в Баяндаевском несколько повышено воздействие на водные ресурсы.

Пониженный уровень АВ формируется в основном в полупериферийных и некоторых пригородных районах с развитым сельским хозяйством (тип 4). Это муниципалитеты с близкими небольшими значениями по большинству субиндексов; для полупериферийных муниципалитетов основную роль играет АВ на лесные ресурсы, для пригородных – аграрное и фоновое при отсутствии опасных объектов и, как следствие, больших массивов нарушенных земель, высоких объемов образования твердых отходов (в Иволгинском и Читинском (часть, входящая в БПТ) районах). В более плотно заселенных Прибайкальском и Иволгинском районах также несколько выше доля загрязнения от автономных систем отопления. В Северобайкальском районе имеются накопленные твердые отходы, образовавшиеся в результате разведывательного бурения Холоднинского месторождения свинцово-цинковых руд (Воробьевская и др., 2018). В Хилокском, Джидинском и Заиграевском районах в структуре индекса заметен ущерб, нанесенный лесным ресурсам в результате нерациональной их эксплуатации.

Кабанский район, несмотря на наличие на его территории целлюлозно-картонного комбината, также выделяется в основном сельскохозяйственным и фоновым воздействием в результате жизнедеятельности населения и рекреации. ОАО “Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат” (СЦКК) – относительно небольшое по масштабам отрасли предприятие (400 тыс. т картона в год), его опасность заключается в размещении на границе ЦЭЗ, на берегу р. Селенги. Однако уровень АВ в районе оценивается как умеренный, поскольку самое основное достижение СЦКК – создание системы замкнутого водооборота. Это позволило прекратить сброс сточных вод в Селенгу и исключить загрязнение минеральными веществами, сократить потребление чистой воды на производстве с 5.6 до 3.3 млн м³/год, уменьшить расход сульфата натрия при производстве целлюлозы со 120 до 20 кг/т. Загрязнение воздуха остается достаточно существенным, поселок Селенгинск включен в список приоритетных городов нацпроекта “Чистый воздух”. Однако ареал загрязнения, как правило, не дотягивается до поселка, простираясь до железной дороги; к тому же объем выбросов загрязняющих веществ СЦКК постепенно сокращается: если в 2006 г. он состав-

лял 3.2 тыс. т, то в 2020 г. — 2.7 тыс. т. Все же при всех положительных тенденциях выбросы сероуглерода и формальдегида в выбросах комбината не сокращаются.

Низкий уровень АВ характерен для полупериферийных или периферийных муниципальных образований с минимальными значениями ИАВ (0.148–0.196), на которые приходится менее 4% жителей БПТ, около 6% сельскохозяйственной и всего 0.5% промышленной продукции (тип 5). Для них характерны умеренные и близкие значения субиндексов фоновое воздействие и сельскохозяйственной деятельности. При этом отдельные районы могут выделяться более высокой нагрузкой на отдельные компоненты среды: Еравнинский — за счет крупного карьера на месторождении плавикового шпата, Качугский — в результате воздействия на водные ресурсы в процессе добычи золота. Для большинства районов этого типа характерна также относительно высокая доля загрязнения атмосферы от автономных систем отопления.

ВЫВОДЫ

Разработанная методика интегральной оценки АВ позволила оценить уровень воздействия за период 2014–2020 гг. и впервые рассмотреть все муниципальные районы в едином рейтинге, вне региональных границ. Анализ результатов рейтинга подтвердил качество методики интегральной оценки и показал, что районы и города БПТ сильно поляризованы по уровню антропогенного воздействия, концентрирующегося в отдельных ареалах, в первую очередь в зоне атмосферного влияния. Тем не менее за ее пределами также отмечаются отдельные очаги АВ, а обширные сельские территории оказывают среднеинтенсивное фоновое воздействие, обусловленное ведением сельского и лесного хозяйства. В наибольшей степени локализованы нарушенные земли, объекты накопленного вреда, в то время как сельское и лесное хозяйство создают общий фон нагрузки. Водное и атмосферное загрязнение из-за значительных колебаний численности населения в МО и особенностей учета печного топлива официальной статистикой недооценено на 50%.

Рейтинг МО мало меняется по годам. Различия между буферной зоной и зоной атмосферного загрязнения постепенно снижаются, поскольку на западном берегу озера снижается воздействие крупнейших источников, ликвидируются объекты накопленного вреда, а в буферной зоне АВ на леса, нарушенные земли и даже выбросы немного растут. Отсутствие позитивных изменений в экологическом состоянии говорит о необходимости принятия мер по снижению уровня воздействия, в первую очередь в крупнейших центрах, экологическая обстановка в которых по-прежнему

остается неблагоприятной. Совершенствование мониторинга АВ на атмосферу остро нуждается в расширении перечня разрабатываемых на регулярной основе показателей, в том числе для уровня поселений.

Совершенствование мониторинга АВ остро нуждается в *улучшении статистического обеспечения*, в частности необходимо:

- раскрытие нефинансовой информации предприятий, в частности статистической отчетности о масштабах загрязнения, уровнях очистки выбросов в атмосферу, сточных вод и утилизации разных видов отходов. Открытость статистики в разрезе предприятий хотя бы по запросу органов, ответственных за проведение мониторинга, позволит верифицировать динамику суммарных показателей, объяснить их изменения и главное — более качественно учесть воздействия в границах локальных зон БПТ, которые не всегда совпадают с границами муниципальных образований и даже поселенческого уровня;

- расширение перечня разрабатываемых на регулярной основе показателей, в том числе для уровня поселений (городских и сельских), в частности — о количестве твердых коммунальных отходов, реально вывозимых с территории поселения. Для расчета выбросов от нерегистрируемых источников выбросов требуется статистика о числе домовладений по поселениям;

- улучшение качества сельскохозяйственной статистики, поскольку данные об объемах вносимых органических удобрений муниципальные образования учитывают через стандартный норматив — 20 т/га посевных площадей;

- улучшение качества статистики по лесному хозяйству, поскольку в ряде муниципальных образований (лесничеств) документы лесоустройства не обновлялись десятилетиями и устарели;

- ввести показатель площади нарушенных земель в список индикаторов, представляемых на муниципальном уровне, а не только на региональном.

Важным достоинством представленного алгоритма является возможность его применения в будущем для отслеживания тенденций изменения экологической ситуации и формирования приоритетов внутрирегиональной экологической политики.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках проекта № 8/Д-2021 “Разработка интегрированной (интегральной) оценки антропогенного воздействия и состояния окружающей среды озера Байкал”, НИР ГЗ МГУ кафедры экономической и социальной географии России № 121051100161-9 “Современная динамика и факторы социально-экономического развития регионов и го-

родов России и стран Ближнего Зарубежья”, кафедры геоморфологии и палеогеографии № 121040100323-5 “Эволюция природной среды в кайнозой, динамика рельефа, геоморфологические опасности и риски природопользования”.

FUNDING

This research was performed according to the project no. 8/D-2021 “Development of an integrated assessment of anthropogenic impact and the state of the environment of Lake Baikal,” Research Work of the Department of Economic and Social Geography of Russia of Moscow State University no. 121051100161-9 “Modern dynamics and factors of socio-economic development of regions and cities of Russia and neighboring countries,” Department of Geomorphology and Paleogeography of Moscow State University no. 121040100323-5 “Evolution of the natural environment in the Cenozoic, relief dynamics, geomorphological hazards and risks of nature management.”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова А.Ю., Бобылев С.Н., Соловьёва С.В., Ховавко И.Ю.* Сверхтуризм на Байкале: проблемы и пути решения // География и природные ресурсы. 2021. № 3. С. 73–84.
- Байкал: природа и люди: энциклопедический справочник / Байкальский институт природопользования СО РАН / отв. ред. А.К. Тулохонов. Улан-Удэ: ЭКОС, 2009. 608 с.
- Байкальский регион: общество и природа. Атлас. 2021. 320 с.
- Бандман М.К.* Территориально-производственные комплексы: теория и практика предплановых исследований. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1980. 254 с.
- Битюкова В.Р.* Экономико-географическая оценка экологических последствий трансформации отраслевой структуры хозяйства регионов и городов России в 2000–2020 гг. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2022. Т. 86. № 3. С. 1–19.
- Бобылев С.Н., Минаков В.С., Соловьёва С.В., Третьяков В.В.* Эколого-экономический индекс регионов РФ. Методика и показатели для расчета. М.: WWF России, РИА Новости, 2012. 150 с.
- Бобылев С.Н., Порфирьев Б.Н.* Устойчивое развитие крупнейших городов и мегаполисов: фактор экосистемных услуг // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6: Экономика. 2016. № 6. С. 3–21.
- Винокуров М.А., Суходолов А.П.* Экономика Иркутской области. В 6 т. Т. 5. Иркутск: Байкальский гос. ун-т экономики и права, 2008. 291 с.
- Владимиров И.Н., Корытный Л.М., Плюснин В.М., Сороковой А.А.* Исследования Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН на Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. 2016. № S5. С. 6–14.
- Волошинская А.А., Акимов В.В.* Устойчивое развитие города и индикаторы для его измерения в целях стратегического планирования // Гос. управление. Электрон. Вестн. 2022. № 93. С. 45–57.
- Воробьёв А.Н.* Большие данные в изучении локализации и мобильности населения // География и природные ресурсы. 2020. № S5. С. 203–207.
- Воробьевская Е.Л., Кириллов С.Н., Слипечук М.В., Тульская Н.И., Устьянцев А.В., Цымбал М.Н.* Оценка влияния Холоднинского полиметаллического месторождения на водные объекты Северного Прибайкалья // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 12. С. 68–73.
- Государственный доклад “О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2020 году”. Иркутск: Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2021. 360 с.
- Добролюбова Ю.С.* Обзор зарубежных социально-экологических рейтингов городов и их сравнение с российскими аналогами // Региональные исследования. 2015. № 4. С. 65–75.
- Долгих Е.И., Антонов Е.В.* Рейтинг устойчивого развития российских городов // Демоскоп Weekly. 2015. № 631–632.
- Евстропьева О.В.* Региональные эффекты развития международной и национальной системы туризма (на примере Байкальского региона): Дис. ... д-ра геогр. наук. Иркутск, 2021.
- Касимов Н.С., Битюкова В.Р., Малхазова С.М., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М., Шартова Н.В., Власов Д.В., Тимонин С.А., Крайнов В.Н.* Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния / под ред. Н.С. Касимова. М., 2014. 560 с.
- Мухина Л.И., Рунова Т.Г.* О логике изучения географических аспектов взаимодействия в системе “население–хозяйство–природа” // Изв. РАН. Сер. геогр. 1977. № 4. С. 54–68.
- Экологический атлас бассейна озера Байкал. Иркутск: ИГ СО РАН, 2015. 145 с.
- City Prosperity Initiative Index: Using AHP Method to Recalculate the Weights of Dimensions and Sub-Dimensions in Reference to Tehran Metropolis by Parsa Arbab // European J. Sustainable Dev. 2017. Vol. 6. № 4. P. 289–301.
- Environmental Sustainability Index // An Initiative of the Global Leaders of Tomorrow Environment Task Force, World Economic Forum Annual Meeting. Davos, Switzerland, 2001. 255 p.
- Index of Human Progress // Human Development Report Office, 2014. 120 p.
- Sustainable Cities Index 2015. Balancing the economic, social and environmental needs of the world’s leading cities. Arcadis, 2015.
- The Green City Index. A research project conducted by the Economist Intelligence Unit, sponsored by Siemens. Siemens AG Corporate Communications and Government Affairs, Munich, Germany, 2012.
- UN–Habitat (United Nations Human Settlements Programme). State of the world’s cities 2017/2018: Prosperity of cities. NY: Routledge, 2018.
- World’s best cities: A Ranking of Global Place Equity // Resonance, 2019.

Integral Assessment of Anthropogenic Impact on the Baikal Natural Territory: Methodological Approaches and Typology of Municipal Units

E. V. Antonov^{1, 2, *}, Yu. R. Belyaev^{1, **}, V. R. Bityukova^{1, ***}, A. V. Bredikhin^{1, ****},
V. S. Dehnich^{3, *****}, E. A. Eremenko^{1, *****}, N. A. Koldobskaya^{1, *****},
O. E. Prusikhin^{1, *****}, and S. G. Safronov^{1, *****}

¹Faculty of Geography, Moscow State University, Moscow, Russia

²Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

³Moscow State University, Branch in Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

*e-mail: antonovmtg@inbox.ru

**e-mail: yrbel@mail.ru

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

****e-mail: avbredikhin@yandex.ru

*****e-mail: vodo.ast@gmail.com

*****e-mail: eremenkoeaig@gmail.com

*****e-mail: koldobskayana@yandex.ru

*****e-mail: olegprus2000@mail.ru

*****e-mail: saffff@mail.ru

The article developed an algorithm for the integral assessment of anthropogenic impact (AI) with spatial discreteness for municipalities of the Baikal Natural Territory (BNT). It includes 21 normalized indicators for the 2014–2020 period, aggregated into 7 sub-indices (impact on the atmosphere, water, forest resources, agricultural impact, solid waste, disturbed lands and objects of accumulated harm, as well as background impact). To determine the weight of the indicators, a survey was conducted of experts representing the scientific community (specialists in the field of integrated assessments of certain types of impacts or in the field of environmental problems of the BNT), the expert community (leading rating agencies) and representatives of the environmental management system of the regions included in the BNT. The integral indicator made it possible to build a rating of municipalities and identify key factors in the formation of the environmental situation. According to the integral index, five types of territories are identified, subtypes are distinguished by the nature of the impact on the environment. A high level of AI is typical for large cities and localities of enterprises, especially mining, in which a full set of load components operates. The increased level is observed in cities, suburban municipalities with a high burden from the vital activity of the population, as well as in large agricultural areas with a developed extractive industry. The average level of AI is typical for a small number of rural areas and small towns due to the load from agriculture and forestry. The reduced level of impact is formed mainly in semi-peripheral areas, where the load on forest resources plays a special role, and some suburban areas with more developed agriculture. A low level of AI is typical for peripheral, sparsely populated municipal units with a noticeable proportion of pollution from heating oil in residential housing. For BNT, a special role in the formation of the ecological situation is played by large tracts of disturbed land, high volumes of solid waste generation and objects of accumulated damage left over from the period of Soviet industrialization.

Keywords: integral index, anthropogenic impact, complex assessment, Baikal, Central ecological zone, Baikal Natural Territory

REFERENCES

- Aleksandrova A.Yu., Bobylev S.N., Solovyova S.V., Khovavko I.Yu. Overtourism at Baikal: Problems and ways of addressing them. *Geogr. Nat. Resour.*, 2021, vol. 42, no. 3, pp. 248–257.
- Baikal: priroda i lyudi: entsiklopedicheskiy spravochnik* [Baikal: Nature and People: An Encyclopedic Reference Book]. Tulokhonov A.K., Ed. Ulan-Ude: EKOS Publ., 2009. 608 p.
- Baikalskii region: obshchestvo i priroda. Atlas* [Baikal Region: Society and Nature. Atlas]. 2021. 320 p.
- Bandman M.K. *Territorial'no-proizvodstvennye komplekсы: teoriya i praktika predplanovykh issledovaniy* [Territorial Production Complexes: Theory and Practice of Pre-planned Research]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1980. 254 p.
- Bityukova V.R. Environmental Consequences of the Transformation of the Sectoral Structure of the Economy of Russian Regions and Cities in the Post-Soviet Period. *Reg. Res. Russ.*, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 96–111.
- Bobylev S.N., Minakov V.S., Solov'eva S.V., Tret'yakov V.V. *Ekologo-ekonomicheskii indeks regionov RF* [Ecological and Economic Index of the Regions of the Russian Federation]. Moscow: WWF Rossii, RIA Novosti, 2012. 152 p.
- Bobylev S.N., Porfir'ev B.N. Sustainable development of the largest cities and megacities: the ecosystem services

- factor. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 6: Eko.*, 2016, vol. 6, no. 3, pp. 3–21. (In Russ.).
- City Prosperity Initiative Index: Using AHP Method to Recalculate the Weights of Dimensions and Sub-Dimensions in Reference to Tehran Metropolis by Parsa Arbab. Eur. J. Sustain. Dev.*, 2017, vol. 6, no. 4, pp. 289–301.
- Dobrolyubova Yu.S. Review of foreign socio-environmental ratings of cities and their comparison with Russian counterparts. *Reg. Issled.*, 2015, no. 4, pp. 65–75. (In Russ.).
- Dolgiy E.I., Antonov E.V. *Reiting ustoichivogo razvitiya Rossiiskikh gorodov* [Rating of Sustainable Development of Russian Cities]. Demoskop Weekly, 2015, nos. 631–632. <http://www.demoscope.ru/weekly/2015/0631/demoscope631.pdf>.
- Ekologicheskii atlas basseina ozera Baikal* [Ecological Atlas of Lake Baikal Basin]. Irkutsk: IG SO RAN Publ., 2015. 145 p.
- Environmental Sustainability Index*. An Initiative of the Global Leaders of Tomorrow Environment Task Force, World Economic Forum Annual Meeting. Davos, Switzerland, 2001. 255 p.
- Evstrop'eva O.V. Regional effects of the development of the international and national tourism system on the example of the Baikal region. *Doc. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Irkutsk, 2021.
- Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii ozera Baikal i merakh po ego okhrane v 2020 godu"* [State Report On the State of Lake Baikal and Measures for its Protection in 2020]. Irkutsk: Inst. geogr. im. V.B. Sochavy SO RAN, 2021. 360 p.
- Index of Human Progress*. Human Development Report Office, 2014. 120 p.
- Kasimov N.S., Bitukova V.R., Malhazova S.M., Kosheleva N.E., Nikiforova E.M., Shartova N.V., Vlasov D.V., Timonin S.A., Krajnov V.N. *Regiony i goroda Rossii: integral'naya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya* [Regions and Cities of Russia: Integrated Assessment of the Ecological State]. Kasimov N.S., Ed. Moscow, 2014. 560 p.
- Mukhina L.I., Runova T.G. About the logic of studying geographical aspects of interaction in the system "population–economy–nature." *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1977, no. 4, pp. 54–68. (In Russ.).
- Sustainable Cities Index 2015*. Balancing the economic, social and environmental needs of the world's leading cities. Arcadis, 2015.
- The Green City Index*. A research project conducted by the Economist Intelligence Unit, sponsored by Siemens. Siemens AG Corporate Communications and Government Affairs, Munich, Germany, 2012.
- UN–Habitat (United Nations Human Settlements Programme)*. State of the world's cities 2017/2018: Prosperity of cities. New York: Routledge, 2018.
- Vinokurov M.A., Sukhodolov A.P. *Ekonomika Irkutskoi oblasti* [Economy of the Irkutsk Oblast]. Irkutsk: Baikal. Gos. Univ. Ekon. i Prava, 2008. 291 p.
- Vladimirov I.N., Korytnyi L.M., Plyusnin V.M., Sorokovoi A.A. Research of the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS on the Baikal Natural Territory. *Geogr. Prir. Resur.*, 2016, no. 5, pp. 6–14. (In Russ.).
- Voloshinskaya A.A., Akimova V.V. Sustainable development of the city and indicators for its measurement for strategic planning purposes. *Gos. Upravlenie. Elektronnyi Vestn.*, 2022, no. 93, pp. 45–57. (In Russ.).
- Vorob'ev A.N. Big data in the study of localization and mobility of the population. *Geogr. Prir. Resur.*, 2020, no. S5, pp. 203–207. (In Russ.). [https://doi.org/10.21782/GiPR0206-1619-2020-5\(203-207\)](https://doi.org/10.21782/GiPR0206-1619-2020-5(203-207))
- Vorob'evskaya E.L., Kirillov S.N., Slipenchuk M.V., Tul'skaya N.I., Ust'yantsev A.V., Cymbal M.N. Assessment of the impact of the Kholodninsky polymetallic deposit on the water bodies of the Northern Baikal region. *Ekologiya i Promyshlennost' Rossii*, 2018, no. 12, pp. 68–73. (In Russ.).
- World's best cities: A Ranking of Global Place Equity*. Resonance, 2019.