
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

УДК 504.03:504.75(282.256.341)

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ)

© 2023 г. Е.В. Антонов*, В.Р. Битюкова**

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

**e-mail: antonovmtg@inbox.ru*

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

В статье обоснована система индикаторов для оценки антропогенного воздействия на уровне муниципальных образований с учетом специфики Байкальской природной территории (БПТ), а также расчетных показателей для уровня отдельных поселений центральной экологической зоны БПТ. Структура интегрального показателя отражает компоненты пространственного распределения антропогенной нагрузки, что позволило провести соответствующую типологию муниципальных районов БПТ. Расчет показателей, отсутствующих в официальной статистике для уровня поселений, проводился на основе данных о численности населения, автопарка с использованием ГИС-технологий, что позволило оценить антропогенное воздействие в городских округах, муниципальных районах и сельских поселениях центральной экологической зоны. Выявлено общее снижение большинства экологических индикаторов антропогенного воздействия, постепенное выравнивание территориальных пропорций при локализации воздействия в отдельных муниципалитетах в 2014–2020 гг. Использование интегрального индекса антропогенного воздействия позволило оценить тенденции в экологических зонах БПТ. Уровень воздействия в центральной зоне в наибольшей степени меняется по территории и по сезонам, в буферной зоне отмечаются контрасты между близкими в социально-экономическом плане районами, а в зоне атмосферного влияния воздействие концентрируется в крупнейших городах. Показано постепенное ослабление роли промышленной специализации в формировании экологической обстановки, упрощение структуры видов воздействия внутри районов. Однако два значимых ареала воздействия на Байкал (Иркутский и Южно-Бурятский) остаются устойчивыми. Основные изменения происходят в группе районов со средним уровнем антропогенного воздействия в результате реализации крупных инфраструктурных проектов.

Ключевые слова: муниципальные образования, поселения, Байкал, центральная экологическая зона, интегральная оценка, антропогенное воздействие.

DOI: 10.5922/1994-5280-2023-2-5

Введение и постановка проблемы. Одним из важных каналов финансирования природоохранных мероприятий в современной России являются национальные проекты, в первую очередь «профильный» нацпроект «Экология». Он состоит из ряда федеральных проектов, в числе которых «Сохранение озера Байкал», «Комплексная схема по обращению с отходами», «Чистый воздух», «Чистая вода» и другие, общая цель которых – оздоровление экологической обстановки. Нацпроекты оказывают значитель-

ное влияние на процесс принятия решений: как известно из интервью с представителями местного самоуправления и органов исполнительной власти, именно включение того или иного объекта или мероприятия в нацпроект становится ключевым критерием, определяющим возможность его реализации. Для формирования ориентиров внутрирегиональной экологической политики, в том числе участия в нацпроектах, необходимо внедрение постоянно действующей системы мониторинга экологической ситуации.

Мониторинг экологического состояния может проводиться как на основе покомпонентной оценки отдельных индикаторов антропогенного воздействия (АВ), так и комплексной оценки. Дифференциация пространственных характеристик АВ свойственна всем уровням административно-территориальной иерархии, но муниципальный уровень имеет принципиально важное значение, поскольку сценарии пространственного развития и тесно связанного с ним изменения АВ наилучшим образом отображаются, если в качестве базовых территориальных ячеек использовать муниципальные образования, а не регионы или макрорегионы.

Однако мониторинг экологического состояния на муниципальном уровне слабо подкреплен информацией. В научных работах исследователи многократно обращались к изучению закономерностей изменения экологической ситуации на разных территориальных уровнях, но регулярно проводимый мониторинг экологического состояния муниципального уровня с общеизвестными результатами пока не разработан, в том числе и потому, что пока нет общепризнанного представления о объектах мониторинга. Росгидромет обеспечивает мониторинг состояния загрязнения отдельных компонентов природной среды: загрязнения воздуха в отдельных городах, воды на отдельных постах, радиационного загрязнения в местах дислокации опасных объектов и пр. Мониторинг антропогенного воздействия как иницирующего фактора состояния экосистем ведется Росприроднадзором только в той части, которая связана с платой за природопользование или штрафными санкциями.

Одна из важнейших причин отсутствия мониторинга АВ на уровне муниципальных образований – нехватка необходимой для него методологической и методической основы. Даже если исключить из рассмотрения низовой уровень местного самоуправления (городские/сельские поселения и внутригородские территории/районы), то все равно массив данных по более чем 2,3 тыс. территориальных единиц – муниципальных районов и муниципальных/городских округов – априори сложно интерпретировать.

Возможный вариант решения проблемы – отработка алгоритма мониторинга АВ на примере территорий с особым охраняемым статусом, поскольку муниципальный уро-

вень позволяет проводить оценки, игнорируя границы регионов, поскольку однотипные муниципалитеты из разных регионов имеют между собой гораздо больше общего, чем разнотипные территории в пределах одного региона. Байкальская природная территория (БПТ) включает муниципальные образования трех регионов, на территории которых располагается водоохранная зона оз. Байкал, водосборная площадь в пределах территории Российской Федерации, а также особо охраняемые природные территории, что регулируется отдельным федеральным законом [24]. Обзор обширного набора публикаций последних лет, посвященных самому широкому спектру проблем БПТ, позволяет сделать вывод, что интегральных оценок всех видов АВ для данной территории пока не проводилось, но при этом глубоко исследованы многочисленные проблемы территории [5; 8; 25].

Работы, посвященные типологизации муниципальных образований, как правило, выявляют контрасты и асимметрию развития социально-экономических процессов на муниципальном уровне [7; 13; 17; 29]. О.В. Кузнецова отмечает [19], что существующие типологии муниципальных образований фактически являются результатом мониторинга развития муниципалитетов, а не основой для такого мониторинга, поскольку основываются на оценке их текущего социально-экономического состояния. Это замечание справедливо и по отношению к экологическим оценкам на муниципальном уровне. Они направлены на поиск внутрорегиональных различий для одного региона и различаются по целям и широте охвата индикаторов.

Методика комплексной оценки антропогенного воздействия.

К оценке муниципальных образований (по крайней мере на уровне муниципальных районов и городских/муниципальных округов) теоретически могут быть приложены существующие подходы к оценке регионов или городов [6; 16]. Однако сама методология оценки территориальной дифференциации АВ для низких пространственных уровней должна отличаться: необходим принципиально иной уровень детальности, особая методика расчета выбросов от передвижных источников, площади нарушенных земель, учет выбросов от печного топлива в индивидуальной жилой застройке и др.

На *1 этапе* выбор приоритетных компонентов исходит из общих принципов, определяющих эффективность интегрального показателя для целей мониторинга: управленческая адресность, многоуровневость адресности, теоретическая обоснованность, достоверность и чувствительность, однокритериальность и разложимость, информативность, лаконичность [1]. Муниципальный уровень оценки наиболее полно отвечает данным принципам.

В целом, для муниципального уровня можно сохранить структуру оценки, принятую для регионального уровня. АВ на окружающую среду по своей сути многоаспектно и не имеет общепризнанной формализованной структуры и набора индикаторов. Итоговый интегральный индекс АВ в регионах учитывает экологические показатели практически всех значимых источников воздействия: промышленности, энергетики, автотранспорта, сельского и лесного хозяйства, населения как источника воздействия (через бытовые отходы и опосредованно через другие показатели), показатели радиационного воздействия и другие. Для минимальной степени дублирования показателей выбор индикаторов для оценки уровня воздействия в регионах целесообразно проводить по видам воздействия, а не по источникам.

Наиболее полный перечень видов антропогенного воздействия, используемых в международных и национальных оценках, включает воздействие на атмосферу (*A*), водные (*B*) и земельные (*C*) и (*E*) лесные ресурсы, воздействие аграрного комплекса (*D*), а также радиационное воздействие (*F*). Для муниципального уровня в данном исследовании целесообразно выделить блоки отходов, поскольку для данного территориального уровня имеют значения не только промышленные отходы, но и коммунальные, блок нарушенных земель и наличия объектов накопленного вреда. Для муниципального уровня можно использовать блок показателей радиационного воздействия, но для БПТ данное воздействие не актуально, поэтому данный блок было решено исключить из оценки.

Напротив, для полноты оценки необходимо было включить блок «Фоновое воздействие» (*G*), включающий показатели носят скорее информационный характер, сами по себе не достаточны для оценки напряженности экологической ситуации, однако при

этом помогают интерпретировать показатели из других блоков, учесть дополнительно те виды воздействия, которое оказывает население на водные ресурсы территории проживания. Такой подход, использования косвенных демографических индикаторов применяется достаточно часто в случае отсутствия данных прямого АВ для уровня муниципальных образований [14; 18; 22]. Использование демографических показателей несет некоторое упрощение и моделирование конкретных воздействий со стороны населения на природную среду. Реже используются коэффициенты концентрации населения и производства или АВ соотнесенное с потенциалом устойчивости среды [21; 23].

На *2 этапе* производится выбор индикаторов. Проблема гармонизированной оценки АВ заключается в том, что отсутствует апостериорный набор показателей, унификация измерительных шкал и механизм интерпретации самой оценки параметров. Для БПТ набор исходных переменных был изменен в соответствии с особенностями муниципального уровня оценки и специфики самой территории.

Отбор показателей осуществлялся во многом исходя из статистической обеспеченности. Муниципальный уровень значительно хуже обеспечен доступными статистическими данными. Оценки по регионам [6] включают небольшое число расчетных показателей (несанкционированные рубки лесов и показатели токсичности выбросов). Для муниципального уровня использовалось значительное число расчетных показателей, описанных ниже. Однако, в пределах БПТ особо выделяется центральная экологическая зона (ЦЭЗ), в пределах которой не только запрещено значительное количество видов деятельности, но и были ликвидированы крупные источники промышленного воздействия. Из видов воздействия в ЦЭЗ осталось влияние автотранспорта (личного, грузового и общественного), стационарных источников (небольших оставшихся котельных), влияние коммунального хозяйства и хозяйств населения, сельского хозяйства и добывающей промышленности. ЦЭЗ подвержена существенному фактору сезонности. Интегральная оценка для уровня поселений сталкивается, прежде всего, с проблемой статистической обеспеченности, поскольку официальная статистика предоставляет очень мало пока-

зателей. Соответственно, значительная часть показателей может быть только расчетной, относительно, как правило, численности населения поселений (табл. 1).

Для оценки БПТ была сформирована база данных по 114 показателям за период 2014–2020 гг. (начало периода – первый год после закрытия Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, как ключевого источника экологической напряженности территории). По степени доступности и уникальности для муниципального уровня показатели можно разделить на 5 групп:

1. Показатели *официальной статистики*, находящиеся в открытом доступе, либо предоставляемые по запросу органами исполнительной власти:

- плотность выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в расчете на площадь земель застройки, который значительно лучше отражает территориальную дифференциацию, чем объем выбросов в расчете на стоимость продукции [3; 4];
- забор воды, сброс сточных вод, сброс загрязненных стоков рассчитываются на душу постоянного населения в отличие от регионов, по которым имеются данные об объемах поверхностного стока [10; 12]. Данные показатели хорошо отражает территориальную структуру и динамику водопотребления и водоотведения только в случае достаточно высокого уровня распространения централизованного водоснабжения и канализации. В сельских районах, в малых и средних городах и даже в столицах регионов разная, но довольно большая доля индивидуальной жилой застройки без централизованного водоснабжения и канализации, водопотребление и стоки от которых нигде не учитываются. По данным натурного обследования и опросов у населения в частном секторе повсеместно используются скважины, колодцы, помимо локального сетевого водоснабжения от водонапорных башен и подвоза воды на машинах. Аналогично в области канализации преобладают выгребные ямы, септики разного уровня: от земляных ям, колодцев с бетонированными стенками

и/или дном до современных септиков с внутренней очисткой. Поэтому для сельских малонаселенных муниципалитетов данный показатель нуждается в дооценке на основе опросов населения и обследования домохозяйств;

- плотность образованных твердых коммунальных отходов (ТКО) – один из ключевых показателей для оценки АВ на территорию. Вместе с тем, он имеет и ряд существенных недостатков, в числе которых прежде всего – субъективный и не всегда адекватный реальности душевой норматив образования ТКО, который фактически нивелирует различия между муниципалитетами одного региона. В перспективе релевантность показателя образования ТКО будет падать в связи с разрывом прямой связи в образовании и захоронении ТКО на территории, что будет обусловлено реализацией т.н. «мусорной реформы» и сокращением числа полигонов захоронения. Особо актуальным это будет для ЦЭЗ БПТ, где возможности сохранения и строительства новых полигонов строго лимитированы, но для уровня поселений объем можно рассчитать только нормативно;
- доля сельхозугодий в площади муниципального образования, доля посевных площадей в общей площади сельхозугодий, плотностью поголовья крупного рогатого скота в расчете на площадь пастбищ, внесение минеральных удобрений и средств защиты растений – показатели аграрной нагрузки. Сельскохозяйственная статистика хорошо представлена на муниципальном уровне, детально проверяется по категориям производителей, типам землепользования, сельхозкультурам, подходит для включения в интегральный (интегрированный) рейтинг АВ. Однако, муниципальные образования 1 уровня внесение удобрений рассчитывают нормативно (например, 20 т органических удобрений на га посевных площадей умножают на размер посевной площади), поэтому в данном исследовании они не использовались, а для уровня поселений использовались данные отдельных сельскохозяйственных предприятий;

Таблица 1. Основные показатели комплексного индекса антропогенного воздействия

	Региональные оценки [6]	Муниципальные оценки [2]	Оценки поселений
А.	A1	Плотность выбросов загрязняющих веществ тонн/га земель промышленности, транспорта и пр. назначения	Плотность выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в расчете на застроенную площадь, тонн/км2
	A2	Кoeffициент токсичности атмосферных выбросов	Кoeffициент токсичности атмосферных выбросов
	A3		Плотность выбросов автомобильного транспорта и маломерных судов, тонн/км маршрутной сети.
	A4		Выбросы от сжигания печного топлива на площадь застроенных земель, тонн/км2
В. На водные источники	B1	Доля использованной воды от ресурсов речного стока, %	Забор воды на душу постоянного населения, м3/чел.
	B2	Удельный сброс стоков на единицу ресурсов речного стока, %	Сброс сточных вод на душу постоянного населения, м3/чел.
	B3	Доля загрязненных сточных вод, %	Сброс загрязненных стоков на душу постоянного населения, м3/чел.
С. На земельные ресурсы	C1	Плотность размещения токсичных отходов в расчете на площадь промышленных земель, тонн/га	Плотность образованных ТКО, тыс. тонн/км2
	C2		Плотность образования приведенного объема отходов к единичной токсичности, условных тонн/км2
	C3		Наличие объектов накопленного вреда от площади застроенных земель, земель промышленности и иного назначения, экспертно, баллы
	C4	Доля нарушенных земель, %	Доля нарушенных земель от общей площади территории, %

Таблица 1. Окончание

	Региональные оценки [6]	Муниципальные оценки [2]	Оценки поселений
D. Аграрного комплекса	D1	Доля сельхозугодий, %	Доля площади сельскохозяйственных угодий в площади района, %
	D2	Доля пашни, %	Доля посевных площадей в общей площади сельхозугодий, %
	D3	Плотность поголовья (условных голов без птицы на га пастбищ)	Поголовье крупного рогатого скота в расчете на площадь пастбищ, условных голов/га
	D4	Минеральные удобрения (в пересчете на 100% питательных веществ), кг/га	Минеральные удобрения (в пересчете на 100% питательных веществ), кг/га
	D5	Органические удобрения, тонн/га посевов	
	D6	Доля мелиорированных земель, % от посевов	Доля мелиорированных земель, % от посевов
E. На лесной комплекс	E1	Доля погибших и гарей, %	Доля лесов, погибших под воздействием неблагоприятных факторов, в общей площади лесов, %
	E2	Доля рубок от площади	Отношение фактического объема заготовки древесины к максимально разрешенному, %
	E3	Доля нелегальных рубок от запаса, %	
	E4		Доля площади лесов, пройденных пожарами, %
G. Фоновое воздействие	G1		Плотность постоянного населения, тыс. чел./км ²
	G2		Плотность автодорог, км/км ²
	G3		Плотность лиц, размещенных в коллективных средствах размещения на единицу территории, чел./км ²
	G4		Численность зарегистрированных транспортных средств по классам в расчете на численность населения, единиц/чел.

Примечание: курсивом выделены показатели, рассчитанные на основе данных опросов, нормативов, коэффициентов токсичности, ГИС-технологий, дешифрирования космических снимков.
Составлено авторами.

– доля вырубки расчетной лесосеки, доля лесов, пройденных пожарами, доля лесов погибших под воздействием неблагоприятных факторов – показатели нагрузки на леса [15]. Несмотря на то, что не все они имеют прямое отношение к антропогенным факторам, в некоторой степени ими обусловлены. Даже природные пожары нуждаются в предотвращении и раннем обнаружении. Показатели в разной степени отражают уровень воздействия на лесные ресурсы: доля вырубленной лесосеки предполагает научную обоснованность соответствующего объема рубок. Однако, даже при соблюдении всех нормативов, рубки наносят вред окружающей среде, оставляя отходы на лесосеках, провоцируя пожары. Значимость фактора будет в итоговом индексе скорректирована за счет веса, который ему дали эксперты, поскольку данные проблемы показателя отмечали некоторые эксперты в содержательных комментариях.

2. Показатели *токсичности* выбросов и приведенный объем промышленных отходов с учетом I–V классов опасности. Показатель объема выбрасываемых в атмосферу веществ и отходов был также дополнен характеристикой структуры выбрасываемых веществ в зависимости от их опасности. Для этого был применен метод расчета объема загрязнения в виде «монозагрязнителя» при помощи коэффициента приведения различных веществ к условным тоннам «монозагрязнителя». Коэффициенты токсичности загрязняющих веществ опираются на гигиенические нормативы и разрабатывались для оценки экономического ущерба. Недостатком данной методики является недостаточно точный учет категории «прочие», в которую могут попадать очень разные вещества, однако, это следствие не дефектов данного метода расчета, а особенностей статистики. Приведенный выброс – показатель достаточно точно отражает особенности территории по формированию структуры выбросов, он учитывает пропорцию основных загрязняющих веществ, которая обусловлена технологическими особенностями основных источников загрязнения. Структура выбросов выглядит адекватно по отношению к структуре источников и топлива, а также отражает

степень улавливания загрязняющих веществ на производствах.

Наличие объектов накопленного вреда показывает наличие нерекультивированных производственных зон, мест хранения накопленных отходов I–II класса опасности, шламонакопителей отходов III класса опасности, но расположенных вблизи Байкала или рек, впадающих в озеро. В итоговый индекс по 1 баллу было добавлено поселения и муниципальным районам, где расположены данные объекты: на территории Байкальского ЦБК в 13 картах содержится 6,2 млн м³ шлам-лигнина, воды и золы, 6 химотстойников; бывшее предприятие Усольехимпром закрыто, ведется ликвидация ртутисодержащих отходов; Холоднинское месторождение свинца является специфической проблемой Северобайкальского района; в отвалах Джидинского вольфрамо-молебденового комбината содержатся тяжелые металлы и металлоиды I–III классов опасности – Pb, Zn, F, Mo, W, Be, Bi, As и др. [9]. Для оценки такого типа явлений, которые никак не отражаются в статистике, муниципальные районы, где размещены объекты накопленного вреда, получали балл, умноженный на вес показателя, полученный в результате экспертного опроса.

3. Показатели, *рассчитанные на основе моделей*. Это в первую очередь объем выбросов от автомобильного транспорта и маломерных судов (т/км маршрутной сети). Данные показатели впервые рассчитывались для муниципалитетов. Оценка динамики объема выбросов от передвижных источников производилась исходя из следующих параметров: структура парка по типам автомобилей (легковые, грузовые, автобусы, катера различной грузоподъемности и мощности) по данным ФНС, по стандартам Евро-0 – Евро-6, нормативная пропорция между бензиновым и дизельным топливом в каждом классе, нормативный пробег для разных типов территорий (городских и сельских), коэффициенты удельных выбросов различных загрязняющих веществ (CO, NO_x, SO₂, NH₃).

Нормативный расчет выбросов от зарегистрированного парка сталкивается с проблемой возможной погрешности. Для районов большого строительства (например, строительство трубопровода «Сила Сибири»

и терминала СПГ в Казачинско-Ленском районе, модернизации БАМа в Северобайкальском районе) характерно большое количество мощной строительной техники, большегрузных автомобилей, не учитываемых статистикой в связи с их регистрацией за пределами фактической деятельности (по месту нахождения подрядной организации). Существует также искажение реального воздействия от речного транспорта и маломерных судов, находящихся в акватории Байкала, но зарегистрированных, как правило, в региональных центрах. Маломерные суда, которые составляют 1,5% парка транспортных средств в пределах БПТ, обеспечивают более 12% выбросов в атмосферу (2020 г.), которые локализованы в основном в пределах ЦЭЗ.

На основе моделирования рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере были рассчитаны ареалы загрязнения от стационарных источников, что позволило более точно определить площадь для расчета плотности выбросов в атмосферу. Расчеты показали, что выбросы от котельных и ТЭЦ образуют крупные по площади ареалы и могут оказывать воздействие на соседние с источниками загрязнения атмосферы населенные пункты, однако интенсивность такого воздействия в большинстве случаев невелика. Выбросы от индивидуальных жилых строений напротив в большинстве случаев приводят к заметному ($>0,1$ ПДК) и значительному (> 1 ПДК) воздействию на качество атмосферного воздуха, однако ареалы такого воздействия редко значительно выходят за пределы населенных пунктов.

4. Показатели, полученные с использованием дешифрирования *космических снимков*. Ведущим показателем, характеризующим влияние добывающей промышленности, является площадь нарушенных земель. Данный показатель предоставляется только в разрезе регионов, поэтому в данном случае для муниципальных образований как 1, так и 2 уровня он был рассчитан методом визуального дешифрирования космических снимков высокого разрешения Sentinel-2, Landsat-8, WorldView-1, WorldView-2 с дальнейшей проверкой ключевых участков в ходе экспедиционных исследований кафедры геоморфологии и палеогеографии. Сведения о локализации месторождений разных видов полезных ископаемых были получены на сайте

Роснедр. Средствами ГИС были получены 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 [2].

5. Показатели, рассчитанные на основе данных статистики о количестве домовладений, *дешифрирования космических снимков, а также опроса населения и глав поселений*. Выбросы от автономных систем отопления – важнейший элемент методики оценки АВ в муниципальных образованиях. Анализ данных дистанционного зондирования позволяет определить количество индивидуальных подворий с уровнем точности, сопоставимым с оценками администрации сельских поселений и населенных пунктов. Среднее расхождение между результатами расчетов и оценками, полученными в администрации исследованных районов, составляет около 7,3%. Оценка площади жилых строений в разрезе населенных пунктов возможна путем распределения значений жилой площади, доступной в базах статистической информации Росстата, пропорционально количеству индивидуальных подворий. Проведенные опросы населения, глав 54 поселений и 36 муниципальных районов показали, что удельное потребление топлива в автономных системах отопления жилых строений составляет около $0,25 \text{ м}^3$ на м^2 жилой площади для дров и около 80 кг/м^2 для угля. В целом по территории БПТ автономные системы отопления наряду с централизованными системами энерго- и теплоснабжения являются доминирующим источником выбросов в большинстве муниципальных районов.

На **3 этапе** показатели *нормировались* с использованием стабильных референтных точек в формуле как линейного масштабирования. Для того, чтобы нивелировать влияние выбросов для определения границ нормирования использовался метод т.н. межквартильного интервала, т.е. выделения интервала нормирования, очищенного от выбросов, и присвоению 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 перцентилем элементов (рис. 1). После определения межквартильного расстояния определяются границы нормирования [a; b] по формуле (формула 1):



Рис. 1. Определение межквартильного интервала и границ нормирования.

$$\left[x_{25} - 1,5 * (x_{75} - x_{25}); x_{75} + 1,5 * (x_{75} - x_{25}) \right], \quad (\text{формула 1})$$

где x_{25} и x_{75} 25 и 75 процентиль распределения показателя, $a = x_{25} - 1,5 * (x_{75} - x_{25})$, $b = x_{75} + 1,5 * (x_{75} - x_{25})$.

Итоговое нормирования всех наблюдений производится по формуле 2:

$$\text{для } x_i \in [a; b] \quad x_i^n = \frac{x_i - a}{b - a}, \quad (\text{формула 2})$$

где x_i^n – нормированное значение наблюдения, a и b определены в формуле 1; для $x_i > b = 1$; для $x_i < a = 0$.

На 4 этапе вводились веса отдельных показателей. Для региональных оценок, как правило, факторы признаются равнозначными, однако для муниципального уровня, особенно для территорий разного уровня охраняемости, это крайне важно. БПТ делится на 3 зоны, исходя из особенностей и значимости факторов влияния на уникальный природный объект – центральная, расположенная в непосредственной близости от озера, буферная зона (восточный берег, включающая водосборный бассейн озера) и зона атмосферного загрязнения на западном берегу. Поэтому для оценки значимости различных индикаторов было опрошено 47 экспертов, из разных областей науки, разных научных школ, академических институтов и ВУЗов, руководителей рейтинговых агентств, специалистов в области составления экологических рейтингов и представителей системы управления природопользованием на территории БПТ. Вес каждого показателя определялся как среднее значение баллов, поставленных экспертами в диапазоне 1–9. Интегральный индекс антропогенного воздействия (ИАВ) рассчитывается как сумма средних значений субиндексов.

Результаты исследования.

Интегральная оценка уровня антропогенного воздействия с пространственной дискретностью по муниципальным образованиям 1 уровня (муниципальные районы и городские округа) позволила построить их рейтинг. По интегральному индексу выделено пять основных типов муниципальных образований, по характеру воздействия на окружающую среду выделяются (структуре ИАВ) следующие подтипы:

Высокий уровень воздействия характерен для подтипов, состоящих из крупнейших городов и мест локализации крупных предприятий, отличающиеся полным (или, как минимум, широким) набором компонентов АВ, а также районов с мощными горнодобывающими предприятиями.

Повышенный уровень АВ определен в городских муниципалитетах, с высокой нагрузкой от жизнедеятельности населения, повышенным фоновым воздействием на среду, в пригородных районах с высокой степенью освоенности и крупных аграрных районах с развитой добывающей промышленностью.

Средний уровень АВ выделен в небольшом количестве сельских районов и в малых городах со средним уровнем воздействия сельского и лесного хозяйства.

Пониженный уровень АВ формируется в основном в полупериферийных и некоторых пригородных районах с более развитым сельским хозяйством. Это районы с близкими небольшими значениями по большинству субиндексов; для полупериферийных муниципалитетов основную роль играет АВ на лесные ресурсы, для пригородных – аграрное и фоновое при отсутствии больших опасных объектов и, как следствие, больших массивов нарушенных земель, высоких объемов образования твердых отходов.

Низкий уровень АВ характерен для периферийных слабо заселенных муниципальных районов с заметной долей загрязнения от печного топлива в индивидуальном жилищном строительстве при отсутствии других источников и некоторым влиянием сельского хозяйства (рис. 2).

Муниципалитеты, входящие в БПТ, демонстрируют относительно устойчивый уровень ИАВ, лидеры и аутсайдеры сохраняют свои позиции, что свидетельствует о неслучайности полученных результатов. Несмотря на сокращение выбросов в атмосферу, позиции городских округов Иркутско-Черемховской агломерации сохраняются, поскольку эти города входят в число лидеров

по уровню загрязнения всей России. Рейтинг муниципалитетов буферной зоны БПТ в целом достаточно стабильный, исключение составляет Мухоршибирский район, в котором расположено одно из крупнейших в России по объемам добычи открытых месторождений каменного угля – Тугнуйское. Кроме того, в числе лидеров еще три района, в пределах которых расположены действующие или выведенные из эксплуатации горнодобывающие предприятия (Петровск-Забайкальский, Красночикоийский районы), а также Селенгинский с ГРЭС и повышенным фоновым воздействием за счет более плотной системы расселения и рекреационной нагрузки, связанной с близостью к быстро

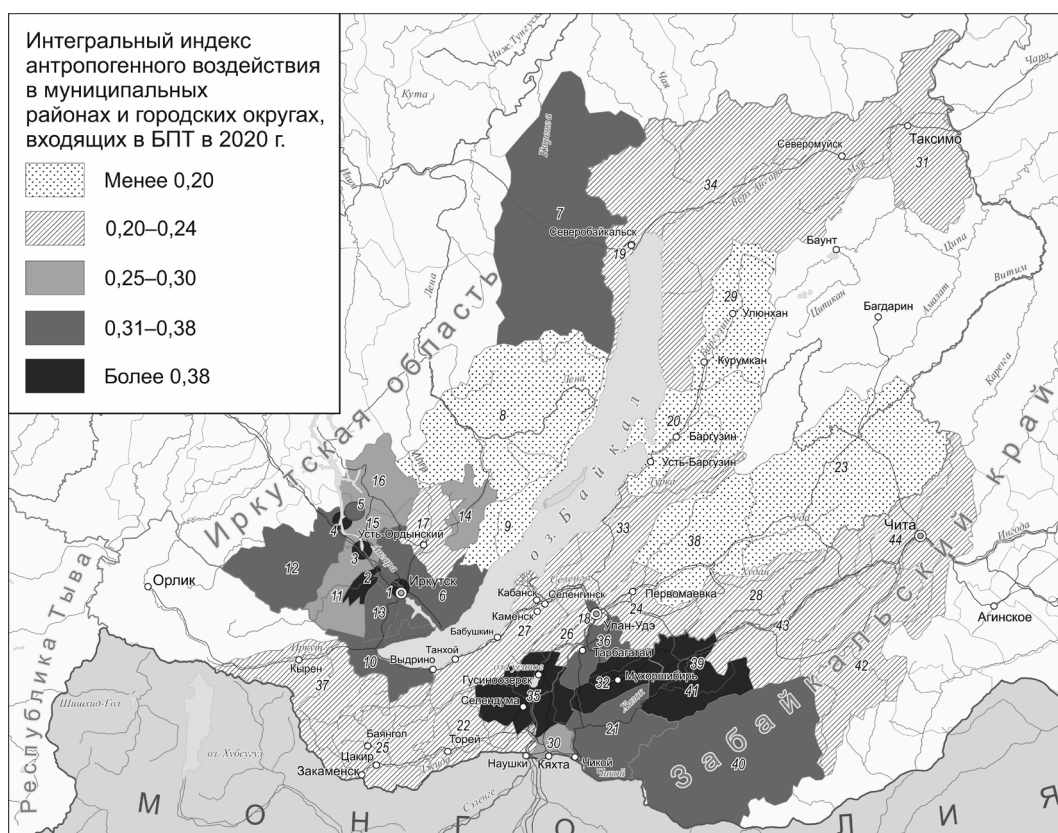


Рис. 2. Интегральный индекс антропогенного воздействия по муниципальным образованиям 1 уровня БПТ в 2020 г.

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 Северобайкальск; 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 – МР Красночикоийский; 41 – Петровск-Забайкальский МР; 42 – Улетовский МР; 43 – Хилокский МР; 44 – Читинский МР.

растущей Улан-Удэнской агломерации (рис. 3). Структура индекса также мало меняется, как показал расчет индекса Гатева.

Интегральная оценка уровня антропогенного воздействия с пространственной дискретностью по муниципальным образованиям 2 уровня (городским и сельским поселениям) показала, что сельские и городские поселения по интегральному индексу различаются значительно больше, на порядок. Наибольший уровень АВ наблюдается при базовом сценарии в гг. Северобайкальск, Слюдянка и в поселке Усть-Баргузин (рис. 4). В городских поселениях выше, прежде всего объем водопотребления и водоотведения, выше объем отходов и выбросов от стационарных

источников. Для поселка Усть-Баргузин значимым является аграрная нагрузка.

Интегральный уровень АВ в ЦЭЗ подвержен существенной сезонной динамике. Максимально (до 150%) растет нагрузка в связи с туристическим потоком. Однако для данного вида прироста характерна наибольшая поляризация: целый ряд поселений крайне мало затронут туристическим потоком, напротив, в ряде небольших по численности, но привлекательных по природным условиям поселениях численность населения возрастает в десятки раз. Увеличение нагрузки от туристического потока, не всегда локализуется непосредственно на территории, связанной с отдыхом [11]. Часто (в рамках

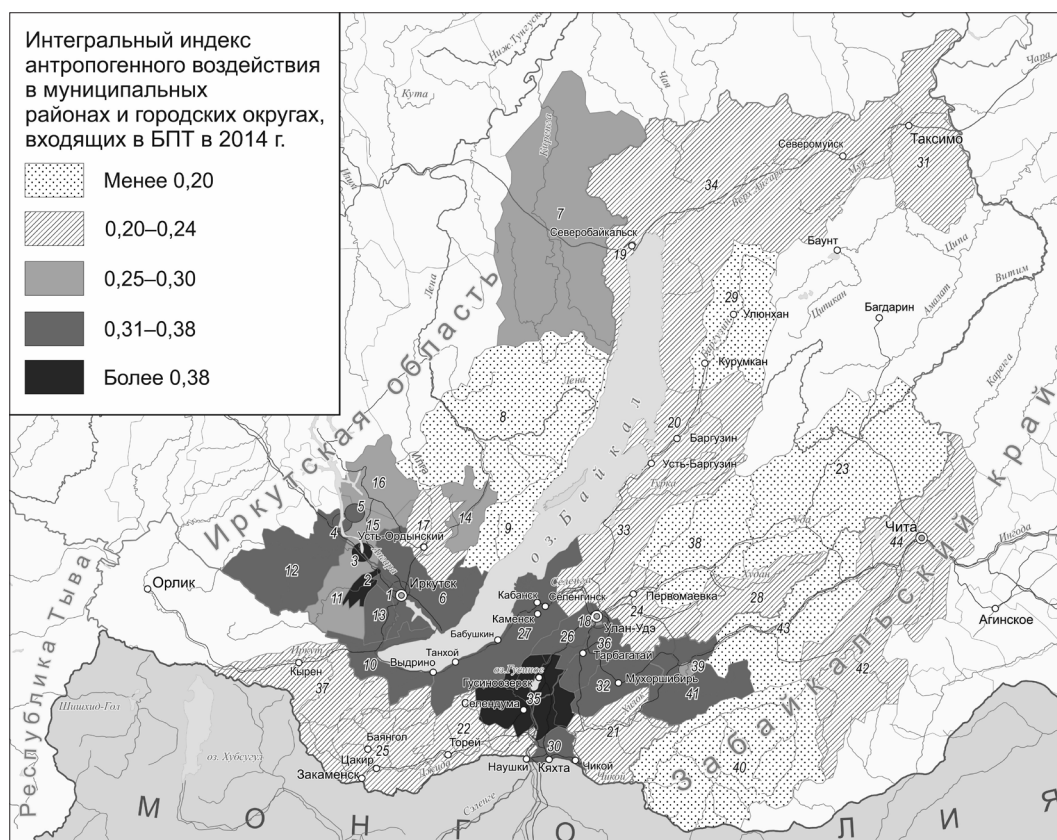


Рис. 3. Интегральный индекс антропогенного воздействия по муниципальным образованиям 1 уровня БПТ в 2014 г.

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 Северобайкальск; 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 – МР Красночуйский; 41 – Петровск-Забайкальский МР; 42 – Улетовский МР; 43 – Хилокский МР; 44 – Читинский МР.

стратегии локализации сточных вод и отходов) канализационные стоки и твердые коммунальные отходы вывозятся на очистные и полигоны достаточно далеко от центров рекреации. Однако, проблема далека от решения: не все очистные сооружения отвечают современным требованиям, удаленность новых полигонов ТКО нередко приводит к образованию разномасштабных несанк-

ционированных свалок на месте даже официальных временных пунктов накопления отходов, поэтому данный фактор учитывать необходимо.

В зимний период, происходит увеличение АВ на атмосферу от сжигания печного топлива, используемого населением в индивидуальных домах, увеличивает объем выбросов ЦЭЗ в целом, и большинства

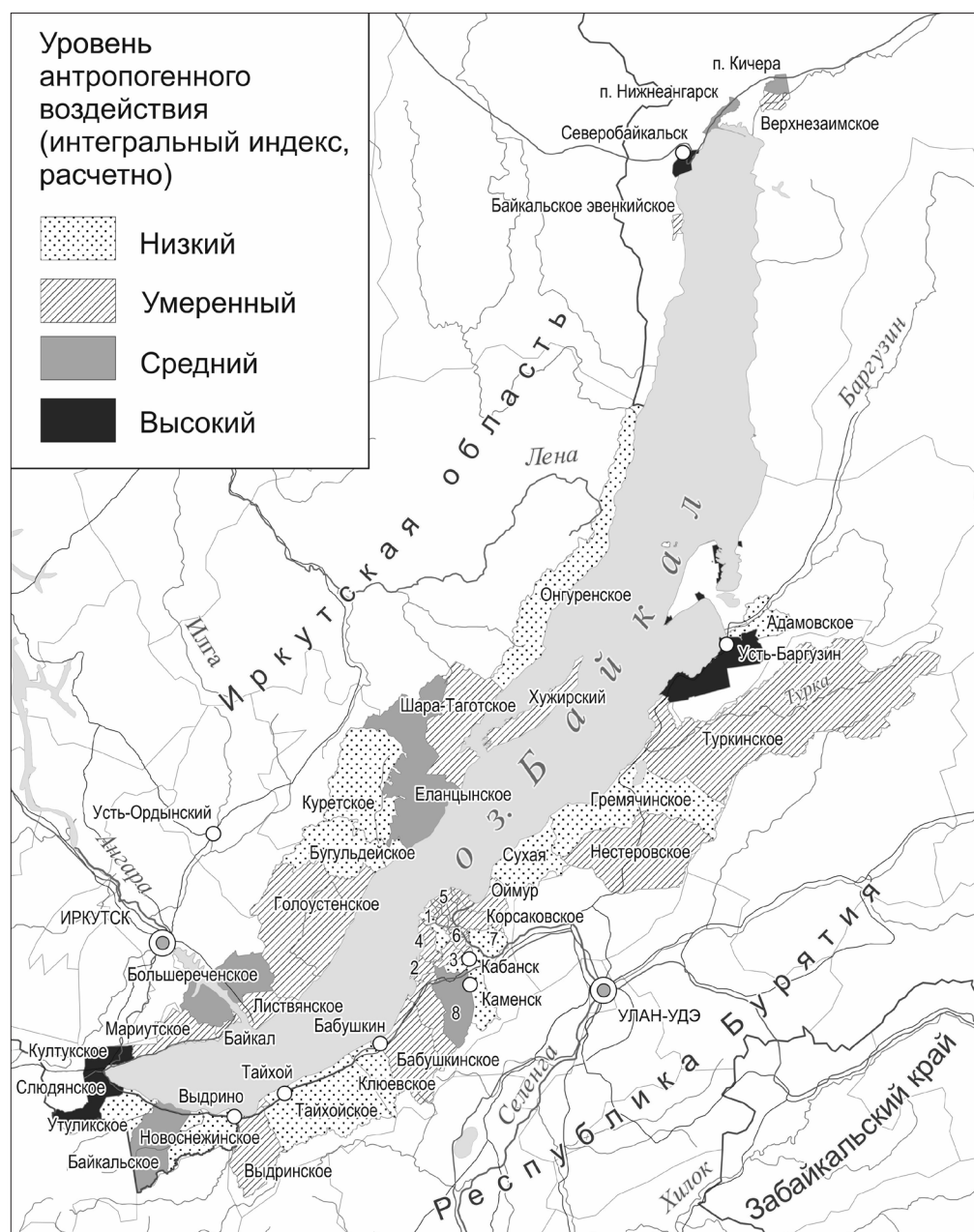


Рис. 4. Интегральный индекс антропогенного воздействия по поселениям центральной экологической зоны, 2020 г.

Сельские поселения: 1 – Творогово; 2 – Посольское; 3 – Колесовское; 4 – Ранжурово; 5 – Красный Яр; 6 – Кударинское; 7 – Шергинское; 8 – Большереченское.

поселений вплоть до 1 порядка, однако здесь надо иметь в виду, что в ЦЭЗ практически отсутствуют крупные источники загрязнения воздуха. Но поскольку данный фактор не является ведущим в ЦЭЗ, то интегральный индекс в результате учета данного вида загрязнения увеличивается максимально на 40% и очень небольшом количестве поселений, в основном из-за значительной доли угля в структуре топливного баланса. Наименьшее, но ощутимое влияние оказывают выбросы от работы маломерных судов, снегоходов и другой техники, имеющие сезонный характер. Маломерные суда, которые составляют 1,5% парка транспорта на ДВС в пределах БПТ, обеспечивают более 12% выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников, в отдельных районах ЦЭЗ. Таким образом, с учетом специфики территории ЦЭЗ официальная статистика не учитывает 90% выбросов в атмосферу от стационарных источников, 20% объемов выбросов от передвижных источников, 8% водопотребления, около 12% сточных вод, 10% твердых коммунальных отходов.

Выводы. Мониторинг АВ на муниципальном уровне – основа для принятия управленческих решений по снижению антропогенной нагрузки. Разработка и апробация методики интегральной оценки АВ в разрезе муниципалитетов и ее применении к Байкальской природной территории – территории с неравномерным размещением населения, обладающей сложной пространственной структурой АВ, требующей полимасштабного подхода – позволила провести верифицируемую оценку эколого-географического положения муниципалитетов БПТ и поселений ЦЭЗ. Методика построения интегрального индекса антропогенного воздействия предусматривает возможность его территориального и временного сопоставления.

Сравнительный анализ изменения региональных и субрегиональных диспропорций по интегральному индексу антропогенного воздействия в период 2014–2020 гг. позволил определить основные факторы дифференциации антропогенного воздействия (наличие угольной энергетики, крупных добывающих предприятий, нагрузки на леса и сверхтуризма), выявить роль унаследованных факторов развития в формировании экологической ситуации БПТ (крупных транспортных маги-

стралей и городских агломераций, сформировавшихся в период ускоренной индустриализации и наличие особо опасных объектов накопленного вреда).

Методика на муниципальном уровне отличается большей детальностью и расширенным набором источников АВ, что достигается внедрением данных экспедиционных и мониторинговых наблюдений вместе со статистическими данными муниципального уровня. Таким образом, разработанная методика интегральной оценки АВ позволила проследить изменение нагрузки в ретроспективе. Анализ результатов 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.

При использовании интегрального индекса АВ оцениваются различия между экологическими зонами БПТ во времени и пространстве. Так, уровень воздействия в центральной зоне в наибольшей степени меняется по территории и по сезонам. Это в значительной степени обусловлено рекреационной нагрузкой, фоновым воздействием и воздействием на водные ресурсы; в буферной зоне отмечаются контрасты между близкими в социально-экономическом плане районами, а в зоне атмосферного влияния воздействие концентрируется в крупнейших городах. При этом наименьшее влияние на Байкал оказывает центральная зона, а буферная зона и зона атмосферного влияния оказывают примерно равное по силе воздействие. Индекс позволяет выделить два значимых ареала воздействия на Байкал (Иркутский и Южно-Бурятский).

Муниципалитеты, входящие в БПТ, демонстрируют высокий уровень стабильности АВ, что свидетельствует об инерционном характере развития, связанного с размещенными на их территории источниками воздействия. Низкая волатильность указывает на адекватность применяемых методик оценки АВ. Основное усиление АВ характерно для муниципальных образований, расположенные вдоль транспортных коридоров, осями которых выступают Транссибирская магистраль, БАМ и газопровод «Сила Сибири». 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 за АВ на атмосферу остро нуждается в расширении перечня разрабатываемых на регулярной основе показателей, в том числе для уровня поселений, в частности – о количестве твердых коммунальных отходов, реально вывозимых с территории поселения, требуется статистика о числе домовладений, которая

необходима для расчета выбросов от нерегулируемых источников выбросов. Необходимо раскрытие нефинансовой информации предприятий.

Финансирование. Работа выполнена в рамках НИР ГЗ МГУ кафедры экономической и социальной географии России №121051100161-9 «Современная динамика и факторы социально-экономического развития регионов и городов России и стран Ближнего Зарубежья».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян С.А. Анализ качества и образа жизни населения. Эконометрический подход. М.: Наука, 2012. 432 с.
2. Антонов Е.В., Беляев Ю.Р., Битюкова В.Р., Бредихин А.В., Дехнич В.С., Еременко Е.А., Колдобская Н.А., Прусихин О.Е., Сафронов С.Г. Интегральная оценка антропогенного воздействия на Байкальскую природную территорию: методические подходы и типология муниципальных районов // Изв. РАН. Сер. геогр. 2023. № 3. С. 1–18.
3. База данных показателей муниципальных образований. Охрана окружающей среды Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения 08.07.2022).
4. База данных Росприроднадзора (Федеральная служба по надзору в сфере природопользования). [Электронный ресурс]. URL: <http://rpn.gov.ru/opendata> (дата обращения 08.07.2022).
5. Байкальский регион: общество и природа. Атлас. Изд-во: Паулсен, 2021. 320 с.
6. Битюкова В.Р. Экологический рейтинг регионов России. Ежегодник Русского географического общества / под ред. Н.С. Касимова. М.: Эксмо, 2021. 336 с.
7. Ветров Г.Ю., Визгалов Д.В., Шанин А.А., Шевырова Н.И. Индикаторы социально-экономического развития муниципальных образований. М.: Фонд «Ин-т экономики города», 2002. 65 с.
8. 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. № 5. С. 6–14.
9. 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.
10. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2020 году». Иркутск: Ин-т географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2021. 360 с.
11. Евстропьева О. В. Развитие туристской системы на Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. 2016. № 5. С. 184–195.
12. ЕМИСС Государственная статистика. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/36702> (дата обращения: 15.06.2022).
13. Землянский Д.Ю., Калиновский Л.В., Махрова А.Г., Медведникова Д.М., Чуженькова В.А. Комплексный индекс социально-экономического развития городов России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2020. № 6. С. 805–818.
14. Игенбаева Н.О. Антропогенная трансформация лесостепных ландшафтов Омского Прииртышья: дисс. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / Алт. гос. ун-т. Барнаул, 2006. 216 с.
15. Информационный ресурс «Экологический мониторинг озера Байкал» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.baikalake.ru/about/uvpn/> (дата обращения: 26.02.2022).
16. 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.
17. Кириллов П.Л., Махрова А.Г. Опыт типологии региональных систем городского расселения России // Региональные исследования. 2020. № 1. С. 4–15.
18. Кропянко Л.В. Геоэкологическая оценка и районирование Азово-Черноморского побережья России: дисс. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Юж. федер. ун-т. Ростов-на-Дону, 2014. 216 с.
19. Кузнецова О.В., Бабкин Р.А. Типология муниципальных образований для мониторинга их социально-экономического развития // Федерализм. 2021. Т. 26. № 4 (104). С. 35–53. DOI: 10.21686/2073-1051-2021-4-35-53.
20. Ромашина А.А. Типология муниципальных образований России по специализации экономики и положению в системе расселения // Региональные исследования. 2019. № 3. С. 42–52.
21. Рыбкина И.Д. Оценка экологической опасности в системах расселения Алтайского края: дисс. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Ин-т вод. и экол. проблем СО РАН. Барнаул, 2005. 227 с.
22. Саприн С.В. Оценка экологической устойчивости агроландшафтов Воронежской области: дисс. ... канд. геогр. наук: 25.00.26 / Гос. ун-т по землеустройству. М., 2017. 156 с.

23. Узарова Н.А. Новый подход к оценке изменения устойчивости городской среды на примере городов Челябинской области // Экология и промышленность России. 2004. № 10. С. 4–9.
24. Федеральный закон от 01.05.1999 N 94-ФЗ (ред. от 30.12.2021) «Об охране озера Байкал». 26 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901732256> (дата обращения: 15.06.2022).
25. Экологический атлас бассейна озера Байкал. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2015. 145 с.

Статья поступила в редакцию журнала 6 июня 2023 г.

Об авторах:

Антонов Евгений Викторович – кандидат географических наук, младший научный сотрудник кафедры экономической и социальной географии России географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва.

Битюкова Виктория Расуловна – доктор географических наук, профессор кафедры экономической и социальной географии России географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва.

Для цитирования:

Антонов Е.В., Битюкова В.Р. Подходы к оценке антропогенного воздействия в муниципальных образованиях (на примере Байкальской природной территории) // Региональные исследования. 2023. № 2. С. 51–65.

DOI: 10.5922/1994-5280-2023-2-5

Approaches to the anthropogenic impact assessment at municipal level (the case of Baikal natural territory)

E.V. Antonov*, V.R. Bityukova**

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

**e-mail: antonovmtg@inbox.ru*

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

The article substantiates a system of indicators for assessing the anthropogenic impact at the level of municipalities, taking into account the specifics of the Baikal Natural Territory (BNT). It also help to asses estimated indicators for the level of individual settlements in the central ecological zone of the BNT. The structure of the integral indicator reflects the components of the spatial distribution of the anthropogenic pressure that made it possible to carry out an appropriate typology of the municipal districts of the BNT. Calculation of indicators that are absent in official statistics for the level of settlements was conducted on the basis of data on the population and vehicle fleet using GIS technologies which made it possible to assess the anthropogenic impact in urban districts, municipal districts and rural settlements of the central ecological zone. A general decrease in most environmental indicators of anthropogenic impact was revealed. It was also revealed that gradual alignment of territorial proportions is present when the localization of impact in individual municipalities in 2014–2020. The use of the integral index of anthropogenic impact made it possible to assess trends in the ecological zones of the BNT. The level of impact in the central zone varies the most across the territory and seasons, in the buffer zone there are contrasts between socio-economically close areas, and in the zone of atmospheric influence the impact is concentrated in the largest cities. A gradual weakening of the role of industrial specialization in the formation of the ecological situation as well as a simplification of the structure of types of impact within the regions are shown. However, two significant areas of impact on Baikal (Irkutsk and South Buryat) remain stable. The main changes occur in the group of regions with a medium level of anthropogenic impact as a result of the implementation of major infrastructure projects.

Keywords: municipalities, urban and rural settlements, Baikal, central ecological zone, integral assessment, anthropogenic impact.

Received 06.06.2023