

УДК 911:332.13:528.94

doi: 10.26907/2542-064X.2019.4.590-606

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ СТЕПНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

А.А. Чибилёв (мл.), Д.В. Григорьевский, Д.С. Мелешкин

*Институт степи Уральского отделения Российской академии наук,
г. Оренбург, 460000, Россия*

Аннотация

Состояние окружающей среды в Российской Федерации и в степных регионах, в частности, характеризуется высоким уровнем антропогенной нагрузки. В результате хозяйственной деятельности человека природные экосистемы степей России долгое время подвержены антропогенному воздействию. В статье предложена методика оценки уровня антропогенной нагрузки на основе сопряжённого анализа показателей и индексов шести групп факторов (блоков) антропогенной нагрузки по 17 степным регионам России. По каждому из блоков рассчитаны многомерные средние индексы, сумма которых представляет собой интегральный индекс, отражающий уровень антропогенной нагрузки в субъектах исследуемой территории. Построена картосхема, отображающая пространственное распределение групп факторов и интенсивность антропогенного прессинга на природную среду. В результате выявлено, что на исследуемой территории значение интегрального индекса растёт в юго-восточном направлении и наибольшая антропогенная нагрузка отмечается в Краснодарском крае – 4.6 и Белгородской области – 4.2. Отмечена высокая сила связи между показателями валового регионального продукта и общими уровнями антропогенной нагрузки степных регионов России, которая характеризуется коэффициентом корреляции – 0.95.

Ключевые слова: степные регионы России, антропогенная нагрузка, интегральный индекс, коэффициент корреляции, селитебная нагрузка, загрязнение атмосферного воздуха, нагрузка на водный бассейн, сельскохозяйственная нагрузка, транспортная нагрузка, образование отходов производства и потребления

Введение

Оценка степени прямого и косвенного воздействия человека и его хозяйственной деятельности на природу составляет одну из актуальных задач в решении проблемы устойчивого развития степных регионов России. В настоящем исследовании в качестве степных мы рассматриваем 17 субъектов РФ, доля биома степей в которых значительна [1].

Природные экосистемы обширной территории от Республики Крым до Алтайского края, протянувшейся почти на 4 тыс. км с запада на восток, постоянно подвержены влиянию антропогенных факторов. Зачастую, оценивая антропогенную нагрузку, исследователи ограничиваются показателями, характеризующими «очаговый» тип воздействия – урбанизированность (плотность городского населения) и степень техногенного загрязнения (плотность вредных атмосферных

выбросов), а также «фоновый» тип, выраженный показателем распаханности территории. В настоящем исследовании мы расширили группы факторов, принимаемых во внимание при анализе антропогенной нагрузки, которые нарушают естественную жизнедеятельность природы и живых организмов.

Очевидно, что селитебные территории с проживающим на них населением являются основным источником антропогенной нагрузки. Заселенность городов обуславливает масштабы застройки, автомобильных выбросов, загрязнения прилегающей к городу территории бытовыми отходами, загрязнения рек канализационными водами (отдельно эти виды антропогенного воздействия рассмотрены ниже). Сельские жители, в свою очередь, оказывают влияние на окружающую среду в результате участия в деятельности, связанной с сельским хозяйством. Источником антропогенной нагрузки также являются магистрали, дороги, трубопроводы, линии электропередач и нарушенные хозяйственной деятельностью человека земли, представляющие опасность.

Загрязнение атмосферного воздуха наиболее опасно по своим последствиям для всех трех сред обитания – наземно-воздушной, водной и почвенной [2]. Будучи не локализованными территориально, выбросы в атмосферу могут распространяться на несколько сотен километров. Ввиду большой чувствительности многих живых организмов к некоторым опасным соединениям глобальное загрязнение воздушной среды может привести к изменениям биосферы в целом. Выбросы загрязняющих веществ от автомобильного транспорта и стационарных источников являются основными факторами загрязнения атмосферы.

Неблагоприятная экологическая ситуация в степной зоне сложилась в результате чрезмерного водопотребления и загрязнения водных ресурсов бассейнов рек Волги, Урала, Дона и Оби. Увеличение сбросов загрязняющих веществ приводит к ухудшению качества поверхностных вод, к накоплению в природных водах различных форм существования тяжелых металлов, различающихся по миграционным свойствам, токсичности и биодоступности [3].

Одной из основных групп антропогенных факторов, действующих на протяжении тысячелетий, является сельскохозяйственная нагрузка. «Добившись» критичных показателей распаханности в степной зоне, предприятия агропромышленного комплекса ищут новые пути повышения биологической продуктивности и плодородия почв. Зачастую эти поиски приводят к образованию новых видов антропогенной нагрузки. Использование пестицидов в сельском хозяйстве рассматривается нами как особый фактор воздействия на экосистемы наряду с распаханностью и животноводческой нагрузкой. Помимо земледелия важным компонентом сельскохозяйственной нагрузки является воздействие на природную среду сельскохозяйственных животных. По количеству образования отходов животноводческая нагрузка, особенно исходящая от свинокомплексов, сравнима с наблюдающейся на урбанизированной территории, где численность населения аналогична числу голов сельскохозяйственных животных.

Несмотря на то что показатели загрязнения автомобильного транспорта учитываются в группе факторов загрязнения воздушного бассейна, транспортная нагрузка нами была выделена в самостоятельную группу антропогенных факторов. Помимо атмосферного воздуха транспорт загрязняет почвы, поверхностные воды, является главным источником шума и вибрации. Основной ущерб

(около 63%) окружающей природе среди всех видов транспорта наносит автомобильный транспорт [2]. Чем больше автомобилей, тем более обширные площади территории отводятся под автодороги, гаражи и стоянки. Во время трения об асфальт автомобильных шин в воздух попадает вредоносная резиновая пыль, впоследствии проникающая в органы дыхания человека и животных. «Благодаря» развитию автомобильного транспорта на свалках накапливаются старые кузова и покрышки. Автомобили не только выбрасывают в атмосферу вредные вещества, но и поглощают важный для живых организмов кислород. Шумовое воздействие, исходящее от автомобилей, составляет около 95% общего от всех источников шума. Плотность и протяжённость автомобильных дорог являются вторичными показателями интенсивности воздействия автотранспорта на природную среду. Строительство дорог (особенно с твёрдым покрытием) сопровождается образованием крупных насыпей и выемок, изменяющих условия местного стока и приводящих к эрозионным процессам. Дорожная сеть нередко создаёт предпосылки изменения экологической обстановки в худшую сторону ввиду нарастания угрозы разрушения прилегающих земель и нарушения естественных маршрутов передвижения (миграции) диких животных.

По официальным данным [4], на территории страны земли под полигонами отходов и свалками занимают площадь около 127.8 тыс. га. Около 40% этой площади приходится на степные регионы России. Только в 2017 г. на рассматриваемой территории было складировано на полигоны свыше 80.8 млн м³ твёрдых коммунальных отходов.

Итак, мы представили несколько групп факторов антропогенной нагрузки, каждую из которых характеризуют определённые показатели. К сожалению, официальная статистика располагает ограниченным объёмом пространственно распределённой в разрезе субъектов РФ информацией, связанной с оценкой антропогенной нагрузки на их природную среду. Тем не менее, используя актуальные данные из открытых и достоверных источников, можно провести сопряжённый анализ степных регионов России на предмет оценки в них уровня антропогенной нагрузки.

1. Цель и задачи

Целью настоящего исследования является пространственная оценка (в разрезе степных регионов-субъектов РФ) антропогенной нагрузки на основе сопряжённого анализа интегральных индексов, характеризующих степень антропогенного воздействия по шести группам факторов. Для поставленной цели были решены следующие задачи:

- выявлены показатели, характеризующие факторы антропогенного воздействия, по которым в России ведётся официальное статистическое наблюдение в регионах-субъектах;
- составлена база данных соответствующих абсолютных и относительных показателей по степным регионам России на основе актуальной и достоверной информации из официальных источников;
- предложена группировка выделенных показателей по блокам факторов антропогенного воздействия;

- разработана методика оценки интегрального показателя уровня антропогенной нагрузки степных регионов на основе расчёта индексов по каждой группе факторов;
- составлена картосхема результатов сопряжённого анализа антропогенной нагрузки исследуемой территории;
- проведена оценка корреляционной зависимости между рассчитанными индексами и валовым внутренним продуктом субъектов исследуемой территории.

2. Материалы и методы исследований

Оценивая антропогенное воздействие на окружающую среду, Н.Ф. Реймерс [5] разделяет его на две группы: по характеру распространения (на мелко- и среднеплощадные) и по продолжительности воздействия. Б.И. Кочуровым рассматривается комплексный показатель «преобразованности территории», отражающий антропогенное воздействие, характерное для различных видов земельных угодий [6]. Основные принципы оценки воздействия на окружающую среду изложены в работах [7, 8]. Виды и индикаторы антропогенной нагрузки приведены в монографии [9].

Загрязнения воздушного бассейна и проблемы их оценки рассматриваются в работе [10]. Сотрудниками Научно-исследовательского института охраны атмосферного воздуха (г. Санкт-Петербург) было дополнено и переработано методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов вредных загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которое содержит методические рекомендации по вопросам охраны воздушного бассейна (инвентаризация выбросов, расчетные методы определения выбросов, нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и т. д.) [11].

Для интегральной оценки антропогенной нагрузки на водные объекты существуют различные методы и подходы, например бассейновый морфологический метод, который позволяет оценивать динамику формирования стока, определять степень устойчивости к антропогенному загрязнению [12, 13]. Водный стресс, возникающий из-за нарушения баланса между водопользованием и водными ресурсами, рассмотрен в работах [14–17].

В статье [18] предложены подходы к оценке сельскохозяйственного воздействия на природные системы. Оценка критических нагрузок на окружающую среду, направленная на определение экологических ограничений допустимой сельскохозяйственной нагрузки, представлена в [19]. Экологическая опасность пестицидов и ее оценка рассмотрены в статьях [20, 21].

Методики оценки воздействия на окружающую среду отходов производства и потребления предложены в работах [22, 23].

В статье [24] авторы сравнили различные методы оценки воздействия на окружающую среду с точки зрения возможности их использования при управлении отходами.

Сегодня в России официальными органами статистики и Минприроды ведётся наблюдение по нескольким показателям, так или иначе связанным с оценкой антропогенной нагрузки (таким, как плотность населения, доля антропогенно нарушенных земель, плотность выбросов вредных веществ в атмосферу, плотность выброса загрязнённых сточных вод, распаханность территории, животно-

водческая нагрузка, образование отходов производства и потребления и т. д.) (см. табл. 1).

Чтобы добиться сопоставимости показателей, представленных различными единицами измерения, была применена формула их нормирования [25] в интервале от 0 до 1, где 1 соответствует максимальному значению соответствующего показателя среди рассматриваемых регионов-субъектов (см. табл. 2):

$$x_{ij}^{\text{норм}} = \frac{x_{ij}}{\max_j x_{ij}}, \quad (1)$$

где $x_{ij}^{\text{норм}}$ – нормированное значение j -го показателя, которым обладает i -й регион-субъект, $\max_j x_{ij}$ – максимальное значение j -го показателя среди исследуемых субъектов РФ, i – номер субъекта (в нашем случае от 1 до 17), j – номер показателя (в нашем случае от 1 до 15).

Нормированные 15 показателей были сгруппированы в 6 блоков факторов антропогенной нагрузки: селитебной (I), загрязнения воздушного (II) и водного (III) бассейнов, сельскохозяйственной (IV), транспортной (V) и образования отходов (VI). Для каждого из 17 степных регионов по каждому из блоков рассчитаны многомерные средние индексы, позволяющие совершить переход от многомерного пространства признаков к одномерному (см. табл. 3):

$$\bar{P}_{mi} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k x_{ij}^{\text{норм}}, \quad (2)$$

где \bar{P}_{mi} – индекс антропогенной нагрузки по блоку показателей, m – номер блока сгруппированных показателей, k – число показателей в блоке.

I. Индекс селитебной нагрузки (P_I). Для оценки индекса селитебной нагрузки использованы следующие показатели: x_1 – общая плотность населения (чел./км²); x_2 – плотность городского населения (чел./км²); x_3 – плотность сельского населения (чел./км²); x_4 – доля антропогенно нарушенных земель (%). Площадь антропогенно нарушенных земель, в свою очередь, включает земли застройки, земли под дорогами и земли, утратившие свою хозяйственную ценность или в результате производственной деятельности человека ставшие источником отрицательного воздействия на окружающую среду.

II. Индекс загрязнения атмосферного воздуха (P_{II}) включает показатели: x_5 – плотность выбросов вредных веществ в атмосферу, отходящих от стационарных источников (т/км²); x_6 – плотность выбросов вредных веществ в атмосферу, отходящих от автомобильного транспорта (т/км²).

III. Индекс нагрузки на водный бассейн (P_{III}) определяется показателями: x_7 – доля используемых пресных вод из поверхностных источников (забор воды из поверхностных источников / ресурсы речного стока, %); x_8 – плотность сброса загрязнённых сточных вод (м³/га). Плотность сброса загрязнённых сточных вод рассчитана как отношение суммы загрязнённых и недостаточно очищенных сточных вод к площади территории субъекта РФ.

IV. Индекс сельскохозяйственной нагрузки (P_{IV}). Для расчёта индекса сельскохозяйственной нагрузки были использованы следующие показатели: x_9 –

распаханность территории (%); x_{10} – внесение пестицидов (кг/га) и показатель животноводческой нагрузки. Животноводческая нагрузка представлена плотностью поголовья (голов/км²): $x_{11.1}$ – крупного рогатого скота; $x_{11.2}$ – овец и коз; $x_{11.3}$ – свиней и $x_{11.4}$ – птицы.

V. Индекс транспортной нагрузки (P_V). Для оценки индекса транспортной нагрузки были взяты: x_{12} – плотность легковых автомобилей (шт./км²) и x_{13} – плотность автомобильных дорог общего пользования с твёрдым покрытием (км путей на 1000 км²).

VI. Индекс образования отходов производства и потребления (P_{VI}) учитывает показатели: x_{14} – вывоз твёрдых коммунальных отходов без учёта отправленных на переработку (м³/км²); x_{15} – образование отходов производства и потребления на единицу площади (т/км²).

Интегральный показатель антропогенной нагрузки рассчитан путём суммирования многомерных средних индексов ($P_I - P_{VI}$) каждого блока показателей (см. табл. 3):

$$I_i^{\text{ан}} = \sum_{m=1}^6 \bar{P}_{mi}, \quad (3)$$

где $I_i^{\text{ан}}$ – интегральный индекс антропогенной нагрузки.

В качестве информационной базы в работе использованы открытые данные Федеральной службы государственной статистики [26] и Министерства природных ресурсов [4] за 2017 г.

3. Результаты и их обсуждение

Значения показателей антропогенной нагрузки степных регионов России до применения к ним процедуры нормирования приведены в табл. 1. Приступая к пространственной оценке уровня антропогенной нагрузки, необходимо выявить регионы-субъекты с экстремумами показателей антропогенной нагрузки и индексов, характеризующих группы её факторов. В табл. 2 максимальные значения по каждому из показателей в результате нормирования приведены к единице.

Селитебная нагрузка в Краснодарском крае и Республике Крым довольно значительна в сравнении с другими рассматриваемыми субъектами. В частности, плотность сельского населения в Республике Крым и Краснодарском крае составляет 36.0 и 33.5 чел./км² соответственно, что в три раза превышает среднее значение по исследуемым регионам (11.8 чел./км²) (табл. 1). Нормированные показатели общей плотности населения в этих двух субъектах являются максимальными среди всех рассматриваемых степных регионов (табл. 2). Максимальная плотность городского населения отмечена в Самарской области (47.7 чел./км²) и Краснодарском крае (40.7 чел./км²) при минимальном значении 1.7 чел./км² в Республике Калмыкия. Селитебная нагрузка в Республике Калмыкия представлена минимальными значениями характеризующих её показателей. В Республике Крым, напротив, все соответствующие показатели данной группы факторов антропогенной нагрузки приближаются к максимальным значениям среди всех степных регионов России.

Табл. 1

Исходные показатели антропогенной нагрузки степных регионов России в 2017 г.

Но- мер субь- екта i	Субъект	P_1 индекс селитебной нагрузки			P_{II} индекс загряз- нения атмо- сферного возду- ха			P_{III} индекс нагрузки на водный бассейн			P_{IV} индекс сельскохо- зяйственной нагрузки			P_V индекс транспортной нагрузки			P_{VI} индекс образования отходов производства и потребления		
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}			
1.	Белгородская область	57.2	38.5	18.6	5.1	4.3	6.3	1.4	26.2	60.7	0.8	8.3	3.6	161.0	1899.9	18.8	733	135.6	5225.1
2.	Воронежская область	44.7	30.2	14.5	4.5	1.5	4.9	2.0	22.8	58.4	0.7	8.9	4.5	22.4	255.1	15.0	345	84.5	143.7
3.	Республика Калмыкия	3.7	1.7	2.0	1.4	0.04	0.5	9.1	2.0	11.2	0.3	6.5	37.5	0.2	2.5	1.1	49	3.2	0.1
4.	Краснодарский край	74.2	40.7	33.5	5.4	5.7	7.6	23.2	101.5	52.8	1.3	7.2	3.0	5.4	352.9	23.5	463	151.1	115.2
5.	Волгоградская область	22.3	17.2	5.1	2.8	1.2	2.6	0.3	7.9	51.9	1.3	2.6	9.3	2.1	78.0	9.4	143	44.5	14.2
6.	Ростовская область	41.8	28.4	13.4	3.7	1.9	4.7	21.5	21.4	58.5	0.2	5.9	12.1	4.3	215.8	13.2	263	69.8	41.6
7.	Ставропольский край	42.3	24.7	17.6	3.9	1.4	4.0	37.1	18.9	60.4	0.5	4.8	25.8	6.7	335.0	12.2	272	60.2	21.1
8.	Республика Башкортостан	28.4	17.7	10.8	2.9	2.9	3.0	0.9	18.2	25.7	0.4	7.2	5.7	3.3	71.4	9.5	304	36.9	188.2
9.	Оренбургская область	16.0	9.6	6.4	2.9	3.8	2.2	6.9	8.5	49.4	0.5	4.6	2.7	2.3	62.0	5.8	167	18.3	489.9
10.	Самарская область	59.6	47.7	11.9	4.3	4.7	5.9	0.2	74.4	54.8	0.5	4.3	2.7	3.1	53.2	17.8	314	176.0	70.9
11.	Саратовская область	24.3	18.4	5.9	2.6	1.2	2.5	0.3	1.0	59.1	0.4	4.2	5.6	2.8	63.7	7.8	169	54.7	67.2
12.	Курганская область	11.8	7.3	4.5	1.9	0.6	1.0	1.5	5.0	33.6	0.8	1.6	1.7	1.1	20.2	3.8	133	15.4	11.2
13.	Челябинская область	39.5	32.6	6.8	3.6	6.0	3.5	8.1	78.1	34.6	0.4	2.7	1.7	8.9	278.8	12.3	204	72.6	1092.7
14.	Алтайский край	14.0	7.9	6.1	2.0	1.2	1.4	0.5	1.0	39.6	0.7	4.4	1.5	2.4	53.7	4.1	221	22.7	69.0
15.	Новосибирская область	15.7	12.4	3.3	1.5	1.1	1.6	0.9	5.3	21.2	0.4	2.6	1.2	2.1	54.5	5.1	111	32.4	1070.9
16.	Омская область	13.9	10.1	3.8	1.8	1.4	1.4	0.4	9.2	29.5	0.6	2.6	1.6	3.1	53.8	3.8	98	18.2	22.7
17.	Республика Крым	73.3	37.3	36.0	6.3	1.1	4.1	13.0	31.8	48.7	1.9	3.8	7.1	5.0	225.0	12.2	494	110.0	111.1
Максимальное значение $\max_j x_{ij}$		74.2	47.7	36.0	6.3	6.0	7.6	37.1	101.5	60.7	1.9	8.9	37.5	161.0	1899.9	23.5	733	176.0	5225.1

Табл. 2

Нормированные показатели антропогенной нагрузки степных регионов России в 2017 г.

Номер субъекта <i>i</i>	Субъект	Р ₁ индекс селитебной нагрузки		Р ₂ индекс загрязнения атмосферного воздуха			Р ₃ индекс нагрузки на водный бассейн			Р ₄ индекс сельскохозяйственной нагрузки			Р ₅ индекс транспортной нагрузки			Р ₆ индекс образования отходов производства и потребления		
		норм 1	норм 2	норм 3	норм 4	норм 5	норм 6	норм 7	норм 8	норм 9	норм 10	норм 11	норм 12	норм 13	норм 14	норм 15		
1.	Белгородская область	0.771	0.809	0.518	0.809	0.714	0.836	0.038	0.258	1	0.421	1	0.799	1	0.771	1		
2.	Воронежская область	0.602	0.633	0.404	0.722	0.243	0.654	0.055	0.225	0.961	0.363	0.460	0.636	0.471	0.480	0.027		
3.	Республика Калмыкия	0.050	0.035	0.056	0.216	0.006	0.064	0.246	0.020	0.185	0.132	0.571	0.048	0.067	0.018	0.000		
4.	Краснодарский край	1	0.855	0.930	0.854	0.939	1	0.626	1	0.870	0.700	0.366	1	0.632	0.859	0.022		
5.	Волгоградская область	0.301	0.361	0.143	0.405	0.203	0.349	0.008	0.078	0.854	0.689	0.197	0.400	0.195	0.253	0.003		
6.	Ростовская область	0.563	0.596	0.371	0.597	0.321	0.619	0.580	0.211	0.963	0.089	0.372	0.562	0.359	0.397	0.008		
7.	Ставропольский край	0.570	0.518	0.489	0.623	0.237	0.533	1	0.186	0.995	0.258	0.479	0.519	0.371	0.342	0.004		
8.	Республика Башкортостан	0.383	0.370	0.299	0.457	0.486	0.391	0.025	0.179	0.423	0.221	0.338	0.403	0.415	0.210	0.036		
9.	Оренбургская область	0.215	0.202	0.177	0.459	0.638	0.297	0.185	0.084	0.814	0.284	0.210	0.245	0.228	0.104	0.094		
10.	Самарская область	0.803	1	0.331	0.686	0.779	0.776	0.005	0.734	0.903	0.268	0.199	0.756	0.428	1	0.014		
11.	Саратовская область	0.328	0.387	0.164	0.418	0.201	0.325	0.008	0.010	0.974	0.189	0.222	0.331	0.231	0.311	0.013		
12.	Курганская область	0.159	0.153	0.125	0.304	0.102	0.133	0.040	0.050	0.554	0.395	0.081	0.161	0.181	0.087	0.002		
13.	Челябинская область	0.532	0.685	0.190	0.568	1	0.457	0.218	0.770	0.569	0.205	0.184	0.522	0.278	0.413	0.209		
14.	Алтайский край	0.188	0.166	0.169	0.314	0.202	0.188	0.013	0.010	0.652	0.389	0.189	0.173	0.302	0.129	0.013		
15.	Новосибирская область	0.211	0.260	0.091	0.243	0.182	0.213	0.023	0.052	0.349	0.195	0.120	0.219	0.151	0.184	0.205		
16.	Омская область	0.187	0.212	0.105	0.282	0.227	0.179	0.012	0.091	0.485	0.305	0.127	0.161	0.134	0.103	0.004		
17.	Республика Крым	0.988	0.783	1	1	0.181	0.545	0.350	0.313	0.803	1	0.251	0.519	0.674	0.625	0.021		

Загрязнение атмосферного воздуха характеризуется минимальным значением соответствующего индекса в Республике Калмыкия. Максимальное значение плотности выбросов вредных веществ в атмосферу от стационарных источников наблюдается в Челябинской области. Среди всех российских городских территорий Магнитогорский и Челябинский городские округа занимают соответственно 5-е и 10-е места по объёму выбросов загрязняющих атмосферу веществ от стационарных источников. Суммарный объём загрязняющих веществ этих двух городских округов составил в 2017 г. более 1323.9 тыс. т. Краснодарский край характеризуется самой высокой плотностью выбросов вредных веществ в атмосферу от автомобильного транспорта.

Нагрузка на водный бассейн в большей степени проявляется в Краснодарском и Ставропольском краях. На Кубани самая высокая доля использования пресных вод. Около 37% годового значения ресурсов речного стока используется в субъекте для нужд отраслей экономики и населения. Стоит отметить, что с 2010 г. забор пресной воды из всех источников в регионе увеличился на 81.8%. Основными источниками загрязнения сточных вод на территории края являются предприятия ЖКХ и химической промышленности. В Краснодарском крае самый высокий показатель плотности сброса загрязнённых сточных вод – 101.5 м³/га. Основными источниками загрязнения на территории края являются предприятия ЖКХ.

Сельскохозяйственная нагрузка характеризуется максимальным значением индекса в Белгородской области. Это связано с высокой распаханностью (60.7%) и большим поголовьем сельскохозяйственных животных (в первую очередь, свиней и птицы). Стоит отметить максимальное значение показателя плотности овец и коз в Республике Калмыкия (37.5 голов/км²), в то время как в Курганской области отмечается минимальная животноводческая нагрузка.

Транспортная нагрузка максимальное значение индекса имеет также в Белгородской области, что обусловлено её староосвоенностью, экономико-географическим положением на границе с Украиной, прохождением через областной центр автодороги «Европейский маршрут E105», субмеридионально связывающей Киркенес (Норвегия) и Ялту (Крым).

Плотность же собственных легковых автомобилей прямо коррелирует со значением индекса загрязнения воздушного бассейна в Краснодарском крае (23.5 шт./км²) и превышает среднее значение на исследуемой территории более чем в два раза.

Индекс *образования отходов производства и потребления* наибольшего значения достигает в Белгородской области за счет деятельности на её территории двух горно-обогатительных комбинатов, электрометаллургического комбината и предприятий, мощнейших в степной зоне и в стране в целом, животноводческой отрасли сельского хозяйства. Объёмы вывоза ТКО коррелируют с плотностью городского населения: максимальными показателями характеризуется Самарская область – 176.0 и 47.7 чел./км² соответственно. Минимальный индекс этой группы факторов антропогенной нагрузки на природную среду отмечается в Республике Калмыкия.

В результате сопряжённого анализа по вышеизложенной методике был рассчитан интегральный индекс, отражающий уровень антропогенной нагрузки в субъектах исследуемой территории (табл. 3).

Табл. 3

Индексы блоков и интегральный индекс антропогенной нагрузки регионов степной зоны России

Номер субъекта i	Субъект	P_I	P_{II}	P_{III}	P_{IV}	P_V	P_{VI}	$I^{ан}$
1	Белгородская область	0.7	0.8	0.1	0.8	0.9	0.9	4.2
2	Воронежская область	0.6	0.4	0.1	0.6	0.6	0.3	2.6
3	Республика Калмыкия	0.1	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.6
4	Краснодарский край	0.9	1.0	0.8	0.6	0.8	0.4	4.6
5	Волгоградская область	0.3	0.3	0.0	0.6	0.3	0.1	1.6
6	Ростовская область	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.2	2.5
7	Ставропольский край	0.6	0.4	0.6	0.6	0.4	0.2	2.7
8	Республика Башкортостан	0.4	0.4	0.1	0.3	0.4	0.1	1.8
9	Оренбургская область	0.3	0.5	0.1	0.4	0.2	0.1	1.6
10	Самарская область	0.7	0.8	0.4	0.5	0.6	0.5	3.4
11	Саратовская область	0.3	0.3	0.0	0.5	0.3	0.2	1.5
12	Курганская область	0.2	0.1	0.0	0.3	0.2	0.0	0.9
13	Челябинская область	0.5	0.7	0.5	0.3	0.4	0.3	2.7
14	Алтайский край	0.2	0.2	0.0	0.4	0.2	0.1	1.1
15	Новосибирская область	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	1.0
16	Омская область	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	1.0
17	Республика Крым	0.9	0.4	0.3	0.7	0.6	0.3	3.2

Итогом пространственной оценки уровня антропогенной нагрузки в степных регионах России стала разработка картосхемы результатов сопряжённого анализа вышеприведённых показателей (рис. 1). Диаграммы индексов групп факторов антропогенной нагрузки в целом коррелируют со слоем уровня техногенного загрязнения, созданного в результате генерализации картосхемы «Антропогенная нагрузка на ландшафты» [27].

Картосхема визуально передает пространственное распределение групп факторов и интенсивности антропогенного прессинга на природную среду. Наибольшую нагрузку испытывают степные субъекты Европейской части России. Причины различий в интегральной антропогенной нагрузке по исследуемым регионам объясняются тем, что наибольшую нагрузку от промышленно-транспортного воздействия испытывают ландшафты сильно урбанизированных территорий Краснодарского края, Белгородской и Самарской областей. Ландшафты западной и центральной части рассматриваемого мезорегиона находятся под интенсивным сельскохозяйственным воздействием. Поправки в значения индексов антропогенной нагрузки близких по географическому положению субъектов вносят различия в численности населения их крупных городов и в степени развитости отраслей промышленного комплекса.

Наибольших значений интегральный индекс уровня антропогенной нагрузки достигает в Краснодарском крае (4.6), Белгородской (4.2) и Самарской (3.4) областях, наименьших – в Республике Калмыкия (0.6), Курганской (0.9), Омской (1.0) и Новосибирской (1.0) областях. Предположим, что полученный интегральный индекс напрямую связан с площадью территории региона, развитостью сегментов отраслей экономики и спецификой природопользования. Ключевым показателем, характеризующим экономическую деятельность региона является валовой

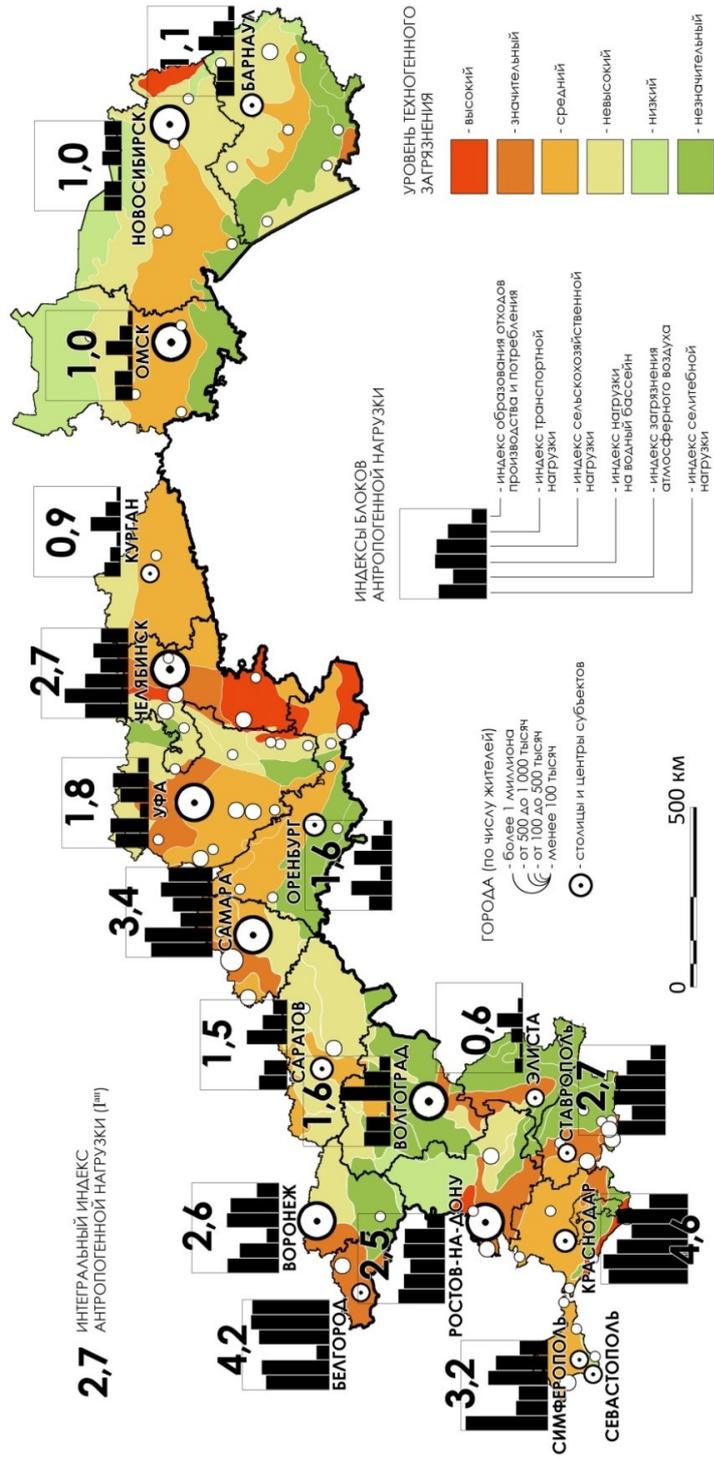


Рис. 1. Интегральный индекс антропогенной нагрузки и уровень техногенного загрязнения степных регионов России

Табл. 4

Валовой региональный продукт по субъектам степной зоны РФ

Номер субъекта i	Субъект	Площадь территории, тыс. км ²	ВРП, млн руб.	ВРП на единицу площади, млн руб./км ²
1	Белгородская область	27.1	730 562.0	27.0
2	Воронежская область	52.2	841 375.7	16.1
3	Республика Калмыкия	74.7	56 045.1	0.8
4	Краснодарский край	75.5	2 015 934.7	26.7
5	Волгоградская область	112.9	743 283.7	6.6
6	Ростовская область	101.0	1 270 891.5	12.6
7	Ставропольский край	66.2	651 925.0	9.8
8	Республика Башкортостан	142.9	1 344 360.1	9.4
9	Оренбургская область	123.7	772 107.3	6.2
10	Самарская область	53.6	1 275 063.6	23.8
11	Саратовская область	101.2	655 053.7	6.5
12	Курганская область	71.5	193 895.1	2.7
13	Челябинская область	88.5	1 260 715.2	14.2
14	Алтайский край	168.0	498 789.1	3.0
15	Новосибирская область	177.8	1 084 635.0	6.1
16	Омская область	141.1	625 918.1	4.4
17	Республика Крым	26.1	315 918.5	12.1

региональный продукт. Оценить силу связи агрегированного показателя валового регионального продукта на единицу площади региона и рассчитанных индексов антропогенной нагрузки ($P_I - P_{VI}, I^{ан}$) можно с помощью расчёта коэффициента корреляции между соответствующими массивами (табл. 4 и табл. 3).

Корреляционная зависимость (по шкале Чеддока) между значением ВРП на единицу площади и индексом селитебной нагрузки соответствующих субъектов характеризуется высокой силой связи (0.85); загрязнения атмосферного воздуха – очень высокой (0.93); нагрузки на водный бассейн – средней (0.61); сельскохозяйственной нагрузки – средней (0.65); транспортной нагрузки – очень высокой (0.95); образования отходов производства и потребления – очень высокой (0.90).

Заключение

Графически силы связи между ВРП и общим уровнем антропогенной нагрузки степных регионов России представлены на рис. 2. Коэффициент корреляции между ними составляет 0.95, что подтверждает наше предложение об их очень высокой силе связи.

Сочетание природных условий определяет экологический эффект антропогенных воздействий. Оценка уровня антропогенной нагрузки может быть скорректирована показателями эколого-экономической безопасности и ландшафтно-экологической устойчивости. Схожие виды и интенсивность антропогенного воздействия на разные ландшафты приводят к разным последствиям. Но очевидно, что большая часть рассматриваемой территории ввиду сильного хозяйственного

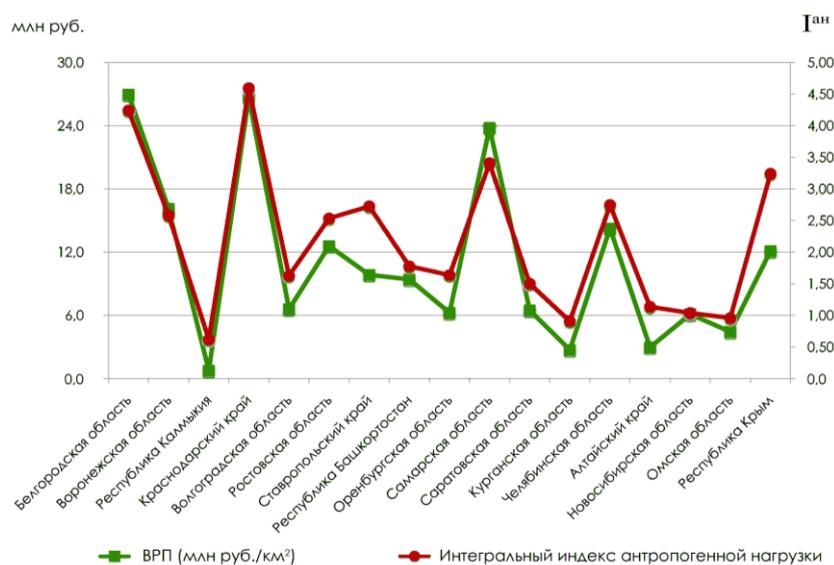


Рис. 2. ВРП на единицу площади и интегральный индекс антропогенной нагрузки для степных регионов России

освоения и степени трансформации человеком постепенно утрачивает свой природный экологический потенциал. При существующих способах и структуре природопользования с экономическим ростом экологическая ситуация будет лишь ухудшаться.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (№ ГР АААА-А17-117012610022-5).

Литература

1. Чибилёв А.А. (мл.) Административно-территориальная характеристика степной зоны РФ // Степи Северной Евразии: Материалы VII Междунар. симпозиума. – Оренбург: ИС УрО РАН, 2015. – С. 920–924.
2. Розенберг Г.С. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. – Тольятти: ИЭВБ РАН; Кассандра, 2009. – 477 с.
3. Кочарян А.Г. Формы существования тяжелых металлов в водах, донных отложениях и высшей водной растительности водохранилищ Волжского каскада // Актуальные проблемы рационального использования биологических ресурсов водохранилищ. – Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2005. – С. 151–161.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». – М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2018. – 888 с.
5. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
6. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. – М.; Смоленск: Маджента, 2003. – 381 с.

7. *Гришин Н.Н.* Основные принципы оценки воздействия на окружающую среду и общественная система подготовки и принятия решений // Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду. – 1996. – № 1. – С. 31–50.
8. *Максименко Ю.Л., Горкина И.Д.* Оценка воздействия на окружающую среду. – М.: РЭФИА, 1996. – 103 с.
9. *Денисов В.В.* Экология. – Ростов н/Д, М.: МарТ, 2004. – 672 с.
10. *Миронов А.А., Евгеньев И.Е.* Автомобильные дороги и охрана окружающей среды. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1986. – 284 с.
11. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов вредных загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное) / Под ред. Н.С. Буренина. – СПб.: ОАО «НИИ Атмосфера», 2012. – 224 с.
12. *Корытный Л.М.* Геосистемно-гидрологический подход к природно-хозяйственному районированию // География и природные ресурсы. – 1991. – № 1. – С. 161–164.
13. *Мильков Ф.Н.* Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система и вопросы природопользования // География и природные ресурсы. – 1981. – № 4. – С. 11–18.
14. *Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С.* Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. – М.: Наука, 2006. – 221 с.
15. *Рудов В.Г.* Дефицит пресной воды и его международное урегулирование // Мир и политика. – 2011. – № 9. – С. 15–21.
16. *Helmer R.* Water demand and supply // Int. Symp. on Seawater Desalination with Nuclear Energy, Taejon, Republic of Korea. – 1997. – P. 146–158.
17. *Alcamo J., Henrichs T., Rosch T.* World Water in 2025: Global Modeling and Scenario Analysis for the World Commission on Water for the 21st Century. – Kassel: Cent. Environ. Syst. Res., Univ. of Kassel, 2000. – 49 p.
18. *Орлова И.В., Шарабарина С.Н.* Оценка сельскохозяйственного воздействия на природные системы: теоретико-методологические подходы // География и природные ресурсы. – 2015. – № 4 – С. 26–32.
19. *Arshaad M., Martin S.* Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems // Agric., Ecosyst. Environ. – 2002. – V. 88, No 2. – P. 153–160. – doi: 10.1016/S0167-8809(01)00252-3.
20. *Khakural B.R., Robert P.C., Koskinen W.C.* Test of the LEACHP model for predicting atrazine movement in three Minnesota soils // J. Environ. Qual. – 1995. – V. 24, No 3. – P. 644–655. – doi: 10.2134/jeq1995.00472425002400040015x.
21. *Семенова Н.Н.* Мониторинг пестицидов в почве агробиоценозов с использованием имитационных моделей разных классов // Защита растений. – 2007. – № 2. – С. 14–17.
22. *Schaltegger S., Sturm A.* Ökologieorientierte Entscheidungen in Unternehmen: Ökologisches Rechnungswesen statt Ökobilanzierung: Notwendigkeit, Kriterien, Konzepte. – Bern; Stuttgart; Wien : Haupt, 1992. – IX, 309 S.
23. *Rubik F., Teichert V.* Ökologische Produktpolitik. Von der Beseitigung von Stoffen und Materialien zur Rückgewinnung in Kreisläufen. – Stuttgart: Schäfer Poeschel, 1997. – 451 S.
24. *Старостина В.Ю., Уланова О.В.* Анализ возможности применения европейских методологий оценки воздействия на окружающую среду в российской системе управления отходами // Вестн. ИрГТУ. – 2013. – № 6. – С. 66–71.
25. *Глинский В.В., Серга Л.К., Хван М.С.* Оценка экологической безопасности муниципальных образований региона: система показателей, методика расчета, применение // Идеи и идеалы. – 2015. – Т. 2, № 4. – С. 13–32. doi: 10.17212/2075-0862-2015-4.2-13-32.

26. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2018: Стат. сб. – М.: Росстат, 2018. – 1162 с.
27. Национальный атлас России. Природа и экология. Т. 2. – М.: ГОСГИСЦЕНТР, 2004. – 495 с.

Поступила в редакцию
22.02.19

Чибилёв Александр Александрович (мл.), кандидат экономических наук, заведующий отделом социально-экономической географии, ведущий научный сотрудник отдела социально-экономической географии

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук
ул. Пионерская, д. 11, г. Оренбург, 460000, Россия
E-mail: *a.a.ml@mail.ru*

Григоревский Дмитрий Владимирович, младший научный сотрудник отдела социально-экономической географии

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук
ул. Пионерская, д. 11, г. Оренбург, 460000, Россия
E-mail: *grag92@mail.ru*

Мелешкин Дмитрий Сергеевич, младший научный сотрудник отдела социально-экономической географии

Институт степи Уральского отделения Российской академии наук
ул. Пионерская, д. 11, г. Оренбург, 460000, Россия
E-mail: *aventureiro@mail.ru*

ISSN 2542-064X (Print)
ISSN 2500-218X (Online)

UCHENYE ZAPISKI KAZANSKOGO UNIVERSITETA. SERIYA ESTESTVENNYE NAUKI
(Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)

2019, vol. 161, no. 4, pp. 590–606

doi: 10.26907/2542-064X.2019.4.590-606

Spatial Assessment of the Anthropogenic Load Level in the Steppe Regions of Russia

A.A. Chibilyov Jr. , D.V. Grigorevsky** , D.S. Meleshkin****

Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Orenburg, 460000 Russia
E-mail: **a.a.ml@mail.ru*, ***grag92@mail.ru*, ****aventureiro@mail.ru*

Received February 22, 2019

Abstract

The environment of Russia, with steppe regions in particular, is under high anthropogenic load. Due to the economic advance, natural steppe ecosystems in Russia have been subject to the anthropogenic stress for a long time. In this paper, a method was introduced for assessing the level of anthropogenic stress on the steppe environment by means of a conjugate analysis of the indicator groups and indices of six anthropogenic load factors (blocks) in 17 steppe regions of Russia. The studied indicators differ in size and are distinguished by incompatibility. For the elimination of these deficiencies, we used the indicator normalization method. Multidimensional average indices for each of the blocks (residential load, air pollution, water basin pollution, agricultural load, transportation load, as well as production and consumption waste) were calculated. The sum of these indices is an integral index reflecting the level of anthropogenic stress in the regions under consideration. A schematic map of the spatial distribution of the groups of factors and the intensity of anthropogenic pressure on the natural environment was generated. The obtained results show that the value of the integral index in the study area increases in the south-east

direction and that the steppe regions of the European part of Russia suffer the greatest anthropogenic pressure. The highest values of the integral index of anthropogenic stress were observed in the Krasnodar krai (4.6) and in the Belgorod region (4.2). A strong connection between the gross regional product (GRP) and the general level of anthropogenic stress in the steppe regions of Russia, which is characterized by the correlation coefficient of 0.95, was found. A high correlation level was revealed between the indicators of GRP per unit of area and the residential load index (0.85), air pollution index (0.93), transportation load index (0.95), and production and consumption waste index (0.90).

Keywords: steppe regions of Russia, anthropogenic load, integral index, correlation coefficient, residential load, air pollution, water basin pollution, agricultural load, transportation load, generation of production and consumption waste

Acknowledgments. The study was performed within the R&D theme “Steppes of Russia: Landscape and ecological grounds for sustainable development, substantiation of nature-like technologies under natural and anthropogenic changes in the environment” (no. GR AAAA-A17-117012610022-5).

Figure Captions

Fig. 1. Integral index of anthropogenic load and anthropogenic pollution level in the steppe regions of Russia.

Fig. 2. Gross regional product (GRP) per unit of area and integral index of anthropogenic load in the steppe regions of Russia.

References

1. Chibilyov A.A. Jr. Administrative-territorial description of the Russian steppe zone. *Stepi Severnoi Evrazii: Materialy VII Mezhdunar. simpoziuma* [Northern Eurasian Steppes: Proc. VII Int. Symp.]. Orenburg: IS Ural. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2015, pp. 920–924. (In Russian)
2. Rosenberg G.S. *Volzhskii bassein: na puti k ustoychivomu razvitiyu* [Volga River Basin: Towards Sustainable Development]. Tolyatti, IEVB Ross. Akad. Nauk, Kassandra, 2009. 477 p. (In Russian)
3. Kocharyan A.G. Heavy metal forms in water, bottom sediments, and higher aquatic plants of the Volga cascade of reservoirs. In: *Aktual'nye problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya biologicheskikh resursov vodokhranilishch* [Current Problems of Sustainable Use of Reservoir Biological Resources]. Rybinsk, Rybinsk. Dom Pechati, 2005, pp. 151–161. (In Russian)
4. *Gosudarstvennyi doklad "O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2017 godu"* [Governmental Report “On the State and Protection of Environment of the Russian Federation in 2017”]. Moscow, Minist. Prir. Ross., NPP “Kadastr”, 2018. 888 p. (In Russian)
5. Reimers N.F. *Prirodopol'zovanie: slovar'-spravochnik* [Nature Resource Management: Dictionary and Guide]. Moscow, Mysl', 1990. 637 p. (In Russian)
6. Kochurov B.I. *Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie* [Ecodiagnosics and Balanced Development]. Moscow, Smolensk, Madzhenta, 2003. 381 p. (In Russian)
7. Grishin N.N. Main principles for environmental impact assessment and the Russian preparation and decision-making system. *Ekol. Ekspert. Otsenka Vozdeistv. Okruzh. Sredu*, 1996, no. 1, pp. 31–50. (In Russian)
8. Maksimenko Yu.L., Gorkina I.D. *Otsenka vozdeistviya na okruzhayushchuyu sredu* [Environmental Impact Assessment]. Moscow, REFIA, 1996. 103 p. (In Russian)
9. Denisov V.V. *Ekologiya* [Ecology]. Rostov-on-Don, MarT, 2004. 672 p. (In Russian)
10. Mironov A.A., Evgen'ev I.E. *Avtomobil'nye dorogi i okhrana okruzhayushchei sredy* [Highways and Environmental Conservation]. Tomsk, Izd. Tomsk. Univ., 1986. 284 p. (In Russian)
11. *Metodicheskoe posobie po raschetu, normirovaniyu i kontrolyu vybrosov vrednykh zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferyni vozdukh (dopolnennoe i pererabotannoe)* [A Study Guide for Calculating, Standardizing, and Controlling Emissions from Harmful Pollutants into the Air (Updated and Revised)]. Burenin N.S. (Ed.). St. Petersburg, OAO “NII Atmosfera”, 2012. 224 p. (In Russian)
12. Korytnyi L.M. A geosystem-hydrological approach to natural and economic zoning. *Geogr. Prir. Resur.*, 1991, no. 1, pp. 161–164. (In Russian)
13. Mil'kov F.N. River basin as a paradynamic landscape system and nature management issues. *Geogr. Prir. Resur.*, 1981, no. 4, pp. 11–18. (In Russian)

14. Danilov-Danil'yan V.I., Losev K.S. *Potreblenie vody: ekologicheskii, ekonomicheskii, sotsial'nyi i politicheskii aspekty* [Water Consumption: Environmental, Economic, Social, and Political Aspects]. Moscow, Nauka, 2006. 221 p. (In Russian)
15. Rudov V.G. Freshwater shortage and global solution for it. *Mir Polit.*, 2011, no. 9, pp. 15–21. (In Russian)
16. Helmer R. Water demand and supply. *Proc. Int. Symp. on Seawater Desalination with Nuclear Energy*. Taejon, Repub. Korea, 1997, pp. 146–158.
17. Alcamo J., Henrichs T., Rosch T. *World Water in 2025: Global Modeling and Scenario Analysis for the World Commission on Water for the 21st Century*. Kassel, Cent. Environ. Syst. Res., Univ. of Kassel, 2000. 49 p.
18. Orlova I.V., Sharabarina S.N. Assessing agricultural impact on natural systems: Theoretical and methodological approaches. *Geogr. Nat. Resour.*, 2015, vol. 36, no. 4, pp. 335–340. doi: 10.1134/S1875372815040034.
19. Arshaad M., Martin S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agric., Ecosyst. Environ.*, 2002, vol. 88, no. 2, pp. 153–160. doi: 10.1016/S0167-8809(01)00252-3.
20. Khakural B.R., Robert P.C., Koskinen W.C. Test of the LEACHP model for predicting atrazine movement in three Minnesota soils. *J. Environ. Qual.*, 1995, vol. 24, no. 3, pp. 644–655. doi: 10.2134/jeq1995.00472425002400040015x.
21. Semenova N.N. Pesticide control in soils of agrobiocenoses using simulation models of various classes. *Zashch. Rast.*, 2007, no. 2, pp. 14–17. (In Russian)
22. Schaltegger S., Sturm A. *Ökologieorientierte Entscheidungen in Unternehmen: Ökologisches Rechnungswesen statt Ökobilanzierung: Notwendigkeit, Kriterien, Konzepte*. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt, 1992. IX, 309 S. (In German)
23. Rubik F., Teichert V. *Ökologische Produktpolitik. Von der Beseitigung von Stoffen und Materialien zur Rückgewinnung in Kreisläufen*. Stuttgart, Schäfer Poeschel, 1997. 451 S. (In German)
24. Starostina V.Yu., Ulanova O.V. Analyzing the feasibility of European methods of environmental compliance assessment in the Russian waste management system. *Vestn. IrGTU*, 2013, no. 6, pp. 66–71. (In Russian)
25. Glinskii V.V., Serga L.K., Khvan M.S. Environmental compliance assessment in regional municipalities: Metrics, calculation methods, and application. *Idey Idealy*, 2015, vol. 2, no. 4, pp. 13–32. doi: 10.17212/2075-0862-2015-4.2-13-32. (In Russian)
26. *Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli. 2018* [Russian Regions. Socioeconomic Indicators. 2018]. Moscow, Rosstat, 2018. 1162 p. (In Russian)
27. *Natsional'nyi atlas Rossii. Priroda i ekologiya* [National Atlas of Russia. Nature and Ecology]. Vol. 2. Moscow, GOSGISTsENTR, 2004. 495 p. (In Russian)

Для цитирования: Чибилёв А.А. (мл.), Григоревский Д.В., Мелешкин Д.С. Пространственная оценка уровня антропогенной нагрузки степных регионов России // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2019. – Т. 161, кн. 4. – С. 590–606. – doi: 10.26907/2542-064X.2019.4.590-606.

For citation: Chibilyov A.A. Jr., Grigorevsky D.V., Meleshkin D.S. Spatial assessment of the anthropogenic load level in the steppe regions of Russia. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2019, vol. 161, no. 4, pp. 590–606. doi: 10.26907/2542-064X.2019.4.590-606. (In Russian)