

*На правах рукописи*



Иванченко Анастасия Михайловна

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

1.6.21. Геоэкология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Ростов-на-Дону – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном  
образовательном учреждении высшего образования  
«Южный федеральный университет»

Научный руководитель: **Хаванский Александр Дмитриевич**, доктор географических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

Официальные оппоненты: **Онищенко Вячеслав Валентинович**, доктор географических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева» (г. Карачаевск);  
**Дахова Оксана Олеговна**, кандидат географических наук, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» (г. Нальчик).

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж)

Защита состоится 01 июля 2022 г. в 14.00 на заседании объединенного диссертационного совета 99.0.075.03 (Д 999.228.03) при ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр РАН», ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова» по адресу: 364051, Чеченская Республика, г. Грозный, пр-т Х. Исаева, 100.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, подписанные и заверенные печатью организации, просим высылать по адресу: 364051, Чеченская Республика, г. Грозный, пр-т. Х.А. Исаева, д. 100, на имя ученого секретаря диссертационного совета 99.0.075.03 (Д 999.228.03) З.Ш. Гагаевой.  
E-mail: geodissovet@mail.ru; тел./факс 8(8712)223607

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке «ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова» и на сайтах: [https://gstou.ru/science/dissertation\\_council/](https://gstou.ru/science/dissertation_council/), [vak.minobrnauki.gov.ru](http://vak.minobrnauki.gov.ru)

Автореферат разослан «\_\_»\_\_\_\_\_2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
99.0.075.03 (Д 999.228.03)  
кандидат географических наук



З.Ш. Гагаева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** В настоящее время значимость экологических факторов в развитии территориальных образований разного уровня приобретает особую актуальность. В результате антропогенного воздействия происходит загрязнение окружающей среды, нарушение природных экосистем, деградация почвенного и растительного покрова, снижение биоразнообразия и иные негативные явления.

Ростовская область характеризуется интенсивным развитием промышленного и сельскохозяйственного производства, которое оказывает значительное воздействие на окружающую среду. В крупных городах региона отмечается высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, большинство водных объектов характеризуются низким качеством вод, на значительной части территории распространены процессы деградации почвенного покрова, острой проблемой является обращение с отходами производства и потребления.

Экологические проблемы в большинстве территориальных образований региона носят комплексный характер, обусловленный загрязнением или деградацией нескольких природных сред, при этом интенсивность антропогенного воздействия и деградации окружающей среды существенно изменяются как во времени, так и в пространстве.

В связи с этим, важное значение имеет комплексная геоэкологическая оценка региона и его территориальных образований, которая должна отражать основные факторы и интенсивность антропогенного воздействия, степень загрязнения или деградации окружающей среды, интегральную оценку экологической ситуации.

**Цель работы** – геоэкологическая оценка современного состояния Ростовской области, выявление пространственно-временных особенностей формирования экологической ситуации в регионе.

**Объект исследований** – муниципальные районы, городские округа и ландшафтно-экологические зоны Ростовской области. **Предмет исследований** – геоэкологическая оценка и пространственно-временные особенности формирования экологической ситуации.

### **Основные задачи исследования:**

1. Усовершенствовать методику комплексной геоэкологической оценки региона.
2. Охарактеризовать природные условия, оценить природно-ресурсный потенциал и произвести ландшафтно-экологическое зонирование Ростовской области.
3. Выявить основные факторы воздействия на окружающую среду, определить антропогенную нагрузку и пространственно-временные особенности ее формирования.
4. Выполнить оценку состояния отдельных компонентов и произвести интегральную оценку состояния окружающей среды.
5. Произвести комплексную геоэкологическую оценку Ростовской области, выявить пространственно-временные особенности формирования экологической ситуации в регионе, определить экологические проблемы региона.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности: 25.00.36 Геоэкология по пунктам: 1.9. Оценка состояния, изменений и управление современными ландшафтами. 1.17. Геоэкологическая оценка территорий. Современные методы геоэкологического картирования, информационные системы в геоэкологии. Разработка научных основ государственной экологической экспертизы и контроля.

**Защищаемые положения:**

1. Усовершенствована методика комплексной геоэкологической оценки региона, а именно: введена ландшафтно-экологическая дифференциация территории, разработаны прямые показатели для определения антропогенной нагрузки, произведен пространственно-временной анализ экологической ситуации, выявлены экологические проблемы региона.

2. В городах преобладает повышенная и средняя антропогенная нагрузка. В сельских районах пригородных урбанизированных зон и разработки минерального сырья определены максимальные для аграрных районов показатели воздействия на окружающую среду, повышенные и средние значения промышленной, демографической и сельскохозяйственной нагрузки. Сельские районы, удаленные от промышленных центров, характеризуются повышенной сельскохозяйственной нагрузкой, пониженными и низкими значениями общей нагрузки.

3. Кризисная экологическая ситуация выявлена в крупном и средних индустриальных центрах – Ростове-на-Дону, Новочеркасске, Таганроге. В остальных городах преобладает критическая экологическая ситуация. В сельских районах пригородных урбанизированных зон и разработки минерального сырья сформировалась критическая экологическая ситуация. В аграрно-промышленных центрах преобладает критическая экологическая ситуация. В аграрных районах в результате высокой сельскохозяйственной нагрузки и деградации почвенного покрова сложилась напряжённая экологическая ситуация.

4. За последние 20 лет в Ростове-на-Дону, Новочеркасске и Шахтах, несмотря на снижение антропогенной нагрузки, экологическая ситуация практически не изменилась, в Волгодонске и ряде шахтерских городов за счет спада производства и ликвидации предприятий отмечается улучшение экологической ситуации. В большинстве аграрных районов на севере и юго-востоке региона существенно увеличилась сельскохозяйственная нагрузка и ухудшилась экологическая ситуация.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

- Произведено ландшафтно-экологическое зонирование Ростовской области, выделены территории с однородными природными условиями, определенным характером воздействия на окружающую среду и экологической ситуацией.
- Усовершенствована методика комплексной геоэкологической оценки региона.
- Определены пространственные особенности формирования антропогенной нагрузки и экологической ситуации в Ростовской области.
- Выявлены изменения антропогенной нагрузки и экологической ситуации в

Ростовской области за последние 20 лет.

**Теоретическая значимость работы** заключается в совершенствовании методики комплексной геоэкологической оценки региона, впервые для региона произведена комплексная геоэкологическая оценка с учетом природных условий и типов природопользования, определены пространственно-временные особенности формирования антропогенной нагрузки и экологической ситуации за многолетний период.

**Практическая значимость работы.** Результаты исследования могут быть использованы при планировании природоохранной деятельности, а также среднесрочном и долгосрочном планировании социально-экономического развития Ростовской области и ее отдельных муниципальных образований. Кроме этого, полученные результаты работы могут быть применены при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Экология и природопользование».

**Материалы и методы исследований.** В основу работы положены официальные статистические материалы и данные по состоянию окружающей среды в Ростовской области за 20-и летний промежуток времени, а также материалы и документы министерств и ведомств Правительства Ростовской области, обработанные автором в соответствии с принятыми методиками. В ходе исследования применялись статистический, картографический, сравнительно-географический методы.

**Личный вклад автора** заключается в сборе и обработке материалов исследований, совершенствовании методики работ, интерпретации полученных результатов, определении антропогенной нагрузки, выполнении комплексной геоэкологической оценки Ростовской области, проведении анализа экологического состояния муниципальных образований и ландшафтно-экологических зон.

**1.10 Достоверность результатов проведенных исследований** подтверждается использованием большого объема официальных статистических данных и документов по состоянию окружающей среды в Ростовской области, применением современных эколого-аналитических, вероятностно-статистических и геоинформационных методов анализа исходного материала и обработки полученных результатов.

**1.11 Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы были представлены на Всероссийской научной конференции «Актуальные вопросы и инновационные технологии в развитии географических наук» (Ростов-на-Дону, 2020); Всероссийской научной конференции «Проблемы социально-экономической географии и природопользования» (Ростов-на-Дону, 2017); IV Всероссийской конференции «Математическое моделирование и океанографические базы данных «Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями» (п. Дюрсо, 2019); Всероссийской научной конференции «Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов «Опасные явления» (Ростов-на-Дону, 2019).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 1 статья в журнале, индексируемом в Scopus и WoS.

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, объемом 176 страниц. Текст сопровождается 54 рисунками, 26 таблицами и 5 приложениями. Список использованной литературы включает 139 наименований.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю признательность и благодарность своему научному руководителю д. геогр. наук, профессору, А.Д. Хаванскому. В процессе выполнения исследований автор пользовался советами и рекомендациями проф. Закруткина В.Е., доц. Латуна В.В., доц. Мериновой Ю.Ю., доц. Богачева И.В., доц. Шишкиной Д.Ю., всем им автор выражает свою благодарность.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Раздел 1. Теоретические основы и методология комплексной геоэкологической оценки региона

Теория и методология комплексных геоэкологических оценок территории базируется на основных положениях географии, экологии, геохимии. Значительный вклад в развитие данного направления внесли работы Ю.Е. Саета и др. (1990); А.И. Перельмана, Н.С. Касимова (1999); Б.И. Кочурова (1997, 2003); А.Д. Хаванского (1993, 1998, 2007); В.В. Приваленко (1994); В.Е. Закруткина и др. (1996, 2000); В.Б. Коробова (2007); С.А. Куролапа (2013, 2015) и других исследователей.

В Ростовской области наиболее существенные работы, по геоэкологической оценке, выполнены В.Е. Закруткиным и др. (2000), А.Д. Хаванским (1990, 1995, 1998, 2007), В.В. Приваленко (1993, 2003), Ю.А. Федоровым (2005).

На Северном Кавказе значительные геоэкологические исследования выполнены Заалишвили В.Б. (2009, 2011), Керимовым И.А. (2017, 2019), Забураевой Х.Ш. (2014), Заурбековым Ш.Ш. (2010), Бериевым О.Г. (2011, 2018).

Анализ существующих подходов позволил определить общую схему комплексной геоэкологической оценки региона (рис. 1), выявить и обобщить основные ее параметры и разделы, показатели и результаты оценки.

Основными разделами комплексной геоэкологической оценки региона являются: ландшафтно-экологическая дифференциация территории, выявление и анализ основных факторов воздействия на окружающую среду и антропогенной нагрузки, оценка состояния окружающей среды, определение уровня напряженности экологической ситуации.

В процессе ландшафтно-экологической дифференциации Ростовской области учитывались природные ландшафты и их природно-ресурсный потенциал (Иванченко и др., 2019), типы природопользования (Хаванский, Иванченко и др., 2017), административное деление региона. По особенностям географического положения, сочетанию природных ландшафтов, типов природопользования в

пределах Ростовской области выделены семь ландшафтно-экологических зон (рис. 2).



**Рис. 1 – Схема комплексной геоэкологической оценки региона (составлено автором)**

Юго-Западная зона включает крупные, средние и малые индустриальные центры с промышленным типом природопользования, здесь же находятся сельские пригородные районы урбанизированных зон с аграрно-промышленным типом природопользования. В Донецкой ландшафтно-экологической зоне расположены средние и малые шахтерские городские округа и сельские районы в зоне разработки минерального сырья. Районы с аграрным типом природопользования подразделяются: на сельские районы богарного и орошаемого земледелия – Центральная зона, сельские районы, богарного земледелия – Южная и северные зоны, сельские районы богарного земледелия и скотоводства – Юго-Восточная зона.

Идентифицированные ландшафтно-экологические зоны разнятся определенными и взаимосвязанными между собой видами хозяйственной деятельности, характером воздействия на окружающую среду, экологической ситуацией и экологическими проблемами.



**Рис. 2 – Ландшафтно-экологическое зонирование Ростовской области (Иванченко и др., 2019)**

Методики определения антропогенной нагрузки, оценки состояния окружающей среды и степени напряжённости экологической ситуации представлены далее в соответствующих разделах.

## **Раздел 2. Основные факторы воздействия на окружающую среду и оценка антропогенной нагрузки в Ростовской области**

На природные системы в разной степени оказывают влияние виды хозяйственной деятельности. Значительное воздействие на экологическую ситуацию осуществляют четыре группы факторов, представленные в виде демографической, промышленной, сельскохозяйственной и транспортной нагрузок (Закруткин и др., 2000).

Для каждого вида антропогенной нагрузки определены основные факторы и показатели воздействия на окружающую среду. Так как показатели антропогенного воздействия имеют разные единицы измерения, для работы с ними использовалась пятибалльная оценка и специально разработанные критерии (табл. 1), с помощью которых фактические данные переводились в баллы. Балльная оценка каждого вида антропогенной нагрузки определяется как среднее значение всех показателей воздействия. Общая антропогенная нагрузка равна сумме баллов по каждому виду нагрузки.

Во второй главе произведены расчеты, составлены таблицы и картосхемы для всех видов антропогенной нагрузки, определена общая антропогенная нагрузка (рис. 3). Полученные результаты позволяют выявить следующие пространственные особенности формирования антропогенной нагрузки в Ростовской области.



Таблица 1 – Показатели антропогенной нагрузки региона

Антропогенная нагрузка	Показатели оценки	Градации балльной оценки показателей, баллы				
		1	2	3	4	5
Демографическая	1. Численность населения - число жителей в пределах отдельных административных единиц, тыс. чел.	<25	25 – 50	50 – 100	100 – 300	>300
	2. Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	<20	20-100	100-1000	1000-3000	>3000
	3. Изменение численности населения, %	<-20	(-20) : (-5)	(-5) : (+5)	(+5) :(+20)	>+20
Промышленная	1. Эмиссия ЗВ в атмосферу от стационарных источников, тонн/км <sup>2</sup>	< 0,1	0,1-1,0	1,0-10	10-100	>100
	2. Сбросы ЗВ в водные объекты, млн м <sup>3</sup> /год	< 0,1	0,1-2	2-10	10-25	>25
	3. Количество образующихся отходов, тыс. т/год	<10	10-100	100-500	500-1000	>1000
Сельскохозяйственная	1. Валовый сбор зерновых, тыс. тонн	<50	50-100	100-150	150-250	>250
	2. поголовье скота, усл. гол./км <sup>2</sup>	< 3	3-6	6-9	9-12	> 12
	3. Степень распаханности территории, %	<20	20-40	40-60	60-80	> 80
Транспортная	1. Количество автотранспорта, тыс. ед.	<10	10-20	20-50	50-100	>100
	2. Эмиссия загрязняющих веществ, т/км <sup>2</sup>	< 3	3-30	30-100	100-200	> 200
	3. Площадь земель под дорогами, в % к общей площади	< 3	3-5	5-10	10-15	> 15



Рис. 3 – Карта-схема распределения антропогенной нагрузки в Ростовской области, 2016 г. (Хаванский, Иванченко и др. 2020)

Высокие значения промышленной, демографической и транспортной нагрузки приходятся на городские округа, где сосредоточены основные источники воздействия на окружающую среду.

Максимальные значения показателей антропогенной нагрузки установлены в крупном индустриальном центре г. Ростове-на-Дону. Такая нагрузка в городе сформировалась за счет высокой численности и плотности населения, большого объема сброса загрязнённых сточных вод и выбросов автотранспорта.

Города Новочеркасск, Таганрог, Волгодонск относятся к средним индустриальным центрам с развитой промышленностью. Новочеркасск и Таганрог характеризуются высокими, Волгодонск – средними значениями общей антропогенной нагрузки. В Новочеркасске отмечается максимальная промышленная, а в Таганроге – транспортная нагрузка. В Волгодонске высокой является демографическая нагрузка.

Города Азов и Батайск расположены рядом с г. Ростовом-на-Дону, за счет чего они динамично развиваются. В Азове наблюдается высокий уровень транспортной нагрузки в Батайске – транспортной и демографической нагрузки.

Город Шахты, как крупный центр угледобычи, испытывает повышенную общую антропогенную нагрузку. В других шахтерских городах антропогенная нагрузка ниже и изменяется от 3,1 до 3,7 баллов. Вследствие реструктуризации угольной промышленности, в городах Восточного Донбасса значительно снизилось антропогенное воздействие.

Аграрно-промышленный тип природопользования реализуется в сельских районах пригородных урбанизированных зон Ростовской агломерации и в зоне разработки каменного угля Восточного Донбасса.

Сельские пригородные районы Ростовской агломерации входят в Юго-Западную ландшафтно-экологическую зону. Внутри этой зоны расположены крупные и средние индустриальные города. Районы характеризуются средней промышленной и транспортной нагрузкой, повышенной сельскохозяйственной нагрузкой. Сельские районы Восточного Донбасса относятся к Донецкой ландшафтно-экологической зоне. В данных районах повышены промышленная и сельскохозяйственная нагрузка.

Сельские районы пригородных урбанизированных зон и разработки минерального сырья характеризуются максимальными для аграрных районов показателями промышленной нагрузки, средними значениями демографической и сельскохозяйственной нагрузки.

Аграрно-промышленные центры: Сальский, Зерноградский, Миллеровский и Морозовский, включают малые города, имеют небольшие промышленные предприятия, специализирующиеся на переработке сельхозпродукции и обслуживании сельского хозяйства. В аграрно-промышленных центрах, по сравнению с другими аграрными районами, в 1,5–2 раза повышены показатели демографической, промышленной и общей антропогенной нагрузки.

Средняя сельскохозяйственная нагрузка в Южной и Юго-Восточной зонах составляет 4,1 и 3,8 балла, в Северо-Западной и Северо-Восточной зонах – 3,0 и 3,3 балла, при относительно низкой общей антропогенной нагрузке.

На большей части аграрных районов за счет интенсивного сельскохозяйственного производства распространены процессы деградации

почвенного покрова. В восточных районах области происходит опустынивание земель.

Динамика антропогенной нагрузки определяется изменением основных факторов ее формирования. Анализ изменения показателей всех видов антропогенной нагрузки производился за 30-летний период с 1990 г. по 2019 г. На основании приведенного анализа сформулированы следующие тенденции в динамике отдельных видов антропогенной нагрузки.

Численность населения Ростовской области с начала периода исследования сократилась на 2% (рис. 4). Такое снижение численности населения привело к незначительному уменьшению демографической нагрузки, которое не оказывает существенного влияния на изменение общей антропогенной нагрузки в регионе.

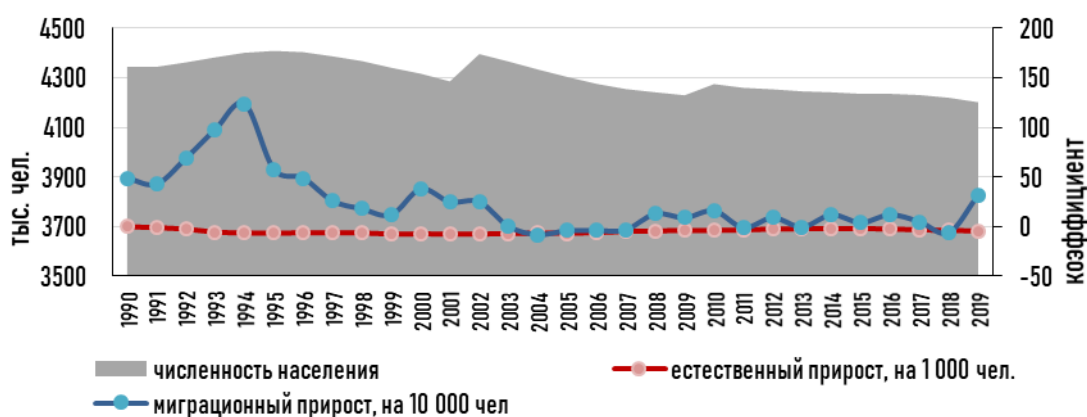


Рис. 4 – Динамика показателей демографической нагрузки Ростовской области

Значительные изменения произошли в промышленной нагрузке. За последние 30 лет объем сбрасываемых сточных вод уменьшился почти в 4 раза, масса выбросов загрязняющих веществ снизилась в 3,4 раза (рис. 5, табл. 2). Все это привело к снижению промышленной нагрузки, особенно в городах Ростовской и Шахтинской агломераций. Интенсивное снижение показателей промышленной нагрузки происходило до 2004 г., затем значения показателей стабилизировались.



Рис. 5 – Динамика показателей промышленной нагрузки Ростовской области

Таблица 2 – Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в городах

Города	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, тыс. тонн			
	1992	2002	2012	2016
Ростов-на-Дону	38,8	8,8	11,6	12,0
Новочеркасск	272,8	93,0	123,1	84,0
Таганрог	25,3	8,4	7,0	6,1
Шахты	11,0	4,3	4,3	3,5
Новошахтинск	6,4	1,9	1,1	0,6
Каменск-Шахтинский	22,5	1,3	4,7	4,2
Волгодонск	41,0	3,2	3,8	5,0

За исследуемый период в регионе резко увеличилась сельскохозяйственная нагрузка, особенно в Северо-Западной, Северо-Восточной и Юго-Восточной зонах. По сравнению с другими территориями здесь произошло увеличение посевных площадей: с 3,8 млн га в 1996 г. до 4,6 млн га в 2016 г, а также рост сбора зерновых культур в 3-5 раз (рис. 6).

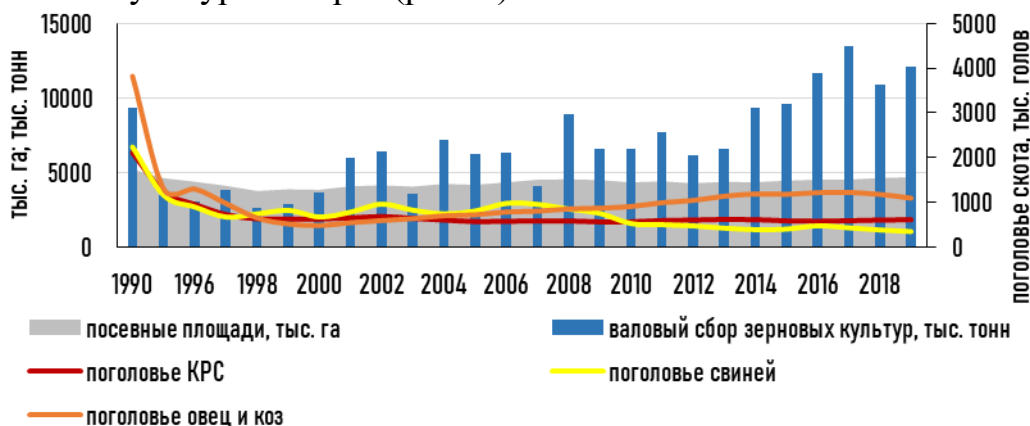


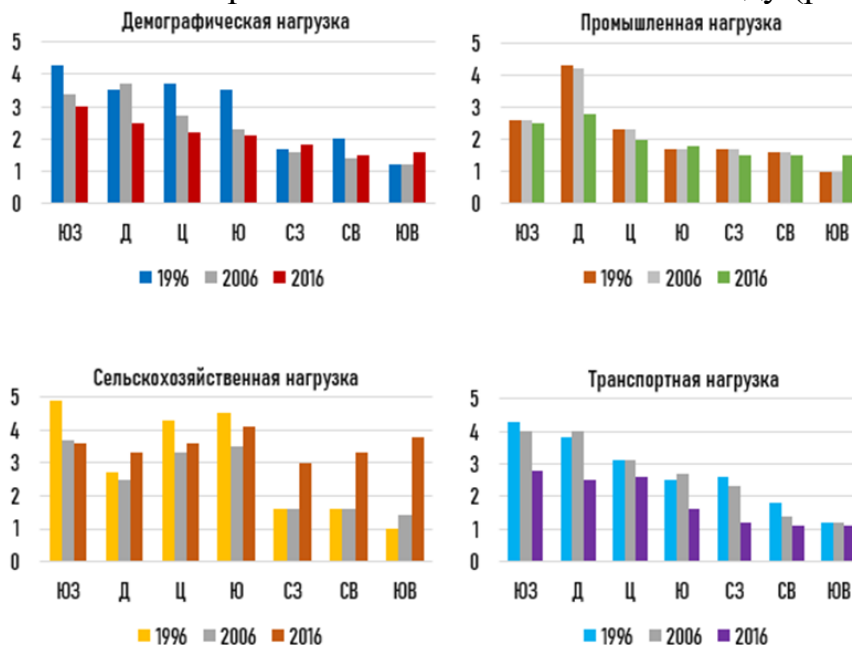
Рис. 6 – Динамика показателей сельскохозяйственной нагрузки Ростовской области

Характер изменения показателей транспортной нагрузки неоднозначен (рис. 7), но воздействие транспорта на окружающую среду, несмотря на увеличение численности автомобильного транспорта, уменьшается за счет снижения выбросов загрязняющих веществ, что объясняется корректировкой методик расчета выбросов от передвижных источников, улучшением качества топлива и технологии выпуска отработанных газов.



Рис. 7 – Динамика показателей транспортной нагрузки Ростовской области

Сравнение результатов определения антропогенной нагрузки за разные промежутки времени (Закруткин и др., 2000; Хаванский и др., 2007) показывает, что демографическая нагрузка на территориях Юго-Западных, Донецких, Центральных и Южных районов постепенно снизилась. Нагрузка Северных и Юго-Восточных районов, напротив, выросла в сравнении с 2006 годом, но уменьшилась или осталась прежней по отношению к 1996 году (рис. 8).



**Рис. 8 – Динамика видов антропогенной нагрузки по зонам (составлено автором по данным Закруткина и др., 2000; Хаванского, 2007)**

Обозначения ландшафтно-экологических зон: ЮЗ – Юго-Западная, Д – Донецкая, Ц – Центральная, Ю – Южная, СЗ – Северо-Западная, СВ – Северо-Восточная, ЮВ – Юго-Восточная

Промышленная нагрузка существенно снизилась в Юго-Западной и Донецкой зонах, а увеличилась в Юго-Восточной. На других территориях промышленная нагрузка практически не изменилась. Значительное увеличение сельскохозяйственной нагрузки наблюдаются в Северо-Восточной, Северо-Западной и Юго-Восточной зонах, что объясняется увеличением посевных площадей, а также ростом сбора зерновых культур. Транспортная нагрузка во всех зонах уменьшилась за счет сокращения выбросов загрязняющих веществ. Общая антропогенная нагрузка за исследуемый период последовательно снижается в Юго-Западной, Донецкой, Центральной, Южной зонах и возрастает в Северо-Восточной и Северо-Западной зонах за счет увеличения сельскохозяйственной нагрузки.

### **Раздел 3. Оценка состояния окружающей среды в Ростовской области**

Оценка состояния окружающей среды представляет собой оценку загрязнения, изменения или деградации как отдельных компонентов, так и окружающей среды в целом. Оценка состояния отдельных компонентов окружающей среды производилась с использованием общепринятых методик и интегральных показателей на основании официальных статистических данных, материалов докладов о состоянии окружающей среды, литературных источников.



Состояние атмосферного воздуха оценивалось с помощью комплексного показателя – ИЗА<sub>5</sub>, для оценки качества поверхностных вод применялся удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды – УКИЗВ (РД 52.24.643-2002), оценка загрязнения городских почв выполнялась по методике, предложенной Ю.Ю. Мериновой, (2015), состояние сельскохозяйственных земель оценивалось на основе крупномасштабных почвенных и геоботанических обследований ЮЖНИИгипрозема (2012).

В третьей главе представлены результаты оценки состояния атмосферного воздуха, поверхностных водных объектов, качества питьевой воды, степени загрязнения и деградации почвенного покрова, составлены таблицы и картосхемы, отражающие состояние компонентов окружающей среды.

Общая оценка состояния окружающей среды осуществлялась по результатам балльной оценки отдельных компонентов как суммы баллов оценки загрязнения атмосферного воздуха, качества поверхностных вод и питьевой воды, степени деградации и загрязнения почвенного покрова.

На территории Ростовской области выделено 6 ареалов загрязнения и деградации окружающей среды (рис. 9).



**Рис. 9 – Карта-схема ареалов загрязнения окружающей среды, 2016 г.**

*А-атмосферный воздух, Вп-поверхностные воды, Впт-питьевые воды, Пд-деградация почв, Пэ-эрозия почв, Пх-химическое загрязнение почв. Уровень загрязнения отдельных сред:*

*2 – повышенный, 3 – средний, 4 – высокий.*

Ростовский ареал включает крупные и средние индустриальные центры: Ростов-на-Дону, Таганрог, Новочеркасск, города-спутники промышленных центров и пригородные сельские районы. Ареал отличается поликомпонентным

загрязнением окружающей среды – максимальным уровнем загрязнения атмосферы, поверхностных вод, почв в крупных и средних промышленных городах. По мере удаления от городов происходит снижение уровня загрязнения до среднего в небольших городах и пригородных районах и допустимого в более удаленных районах. Сельские пригородные районы характеризуются высоким уровнем загрязнения вод рек и деградации почв, низким качеством питьевых вод в некоторых районах.

В Шахтинский ареал входят средние и малые шахтерские города, а также сельские районы в зоне добычи и переработки каменного угля. Состояние окружающей среды в средних городских округах обусловлено высоким уровнем загрязнения поверхностных и питьевых вод, средним уровнем загрязнения атмосферы и почв. В малых шахтерских городах наблюдается высокий уровень загрязнения речных вод и средний – почв. В сельских районах преобладает высокий уровень загрязнения поверхностных и питьевых вод и высокая степень деградации почв за счет водной эрозии.

Миллеровский, Сальский, Морозовский районы являются аграрно-промышленными центрами в сельской местности. За счет промышленной составляющей состояние окружающей среды ухудшилось до неблагоприятной категории. Сельские районы богарного земледелия и скотоводства, расположенные на юго-востоке области (Зимовниковский ареал), характеризуются высоким уровнем загрязнения вод рек и деградации земель. Более половины рассматриваемой территории подвержено процессам опустынивания в различных его формах.

Динамика состояния окружающей среды оценивалась по изменениям уровня загрязнения атмосферы (ИЗА<sub>5</sub>), водных объектов (УКИЗВ) и степени деградации почв (содержание гумуса в почвах).

Для ряда городов (Ростов-на-Дону, Новочеркасск, Азов) динамика загрязнения атмосферы характеризуется чередованием подъемов и спадов на фоне общего снижения загрязнения (рис 10). Значения по ИЗА<sub>5</sub> в остальных городах уменьшается, а качество атмосферного воздуха улучшается. Общая тенденция изменения ИЗА<sub>5</sub> свидетельствует об уменьшении уровня загрязнения атмосферы в городах Ростовской области.

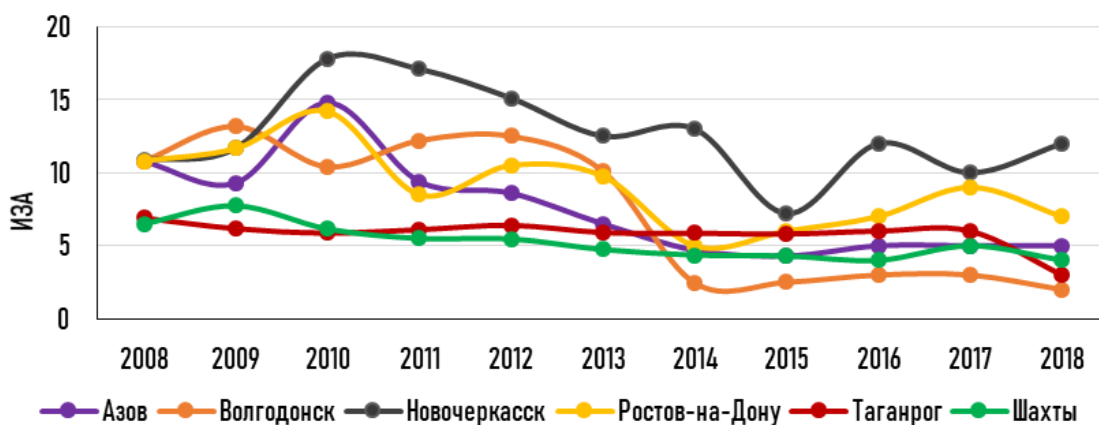


Рис. 10 – Динамика ИЗА<sub>5</sub> в городах Ростовской области

Уровень загрязнения воды в водных объектах региона за последнее десятилетие колеблется в интервале 4–6 УКИЗВ, что соответствует 4-му классу загрязнения по 5-балльной шкале (рис.11). Некоторое улучшение состояния вод фиксируется в реках Северский Донец, Миус и в Пролетарском водохранилище. Значения УКИЗВ остальных водных объектов колеблются в небольшом диапазоне без определяемых тенденций к увеличению или сокращению индекса.

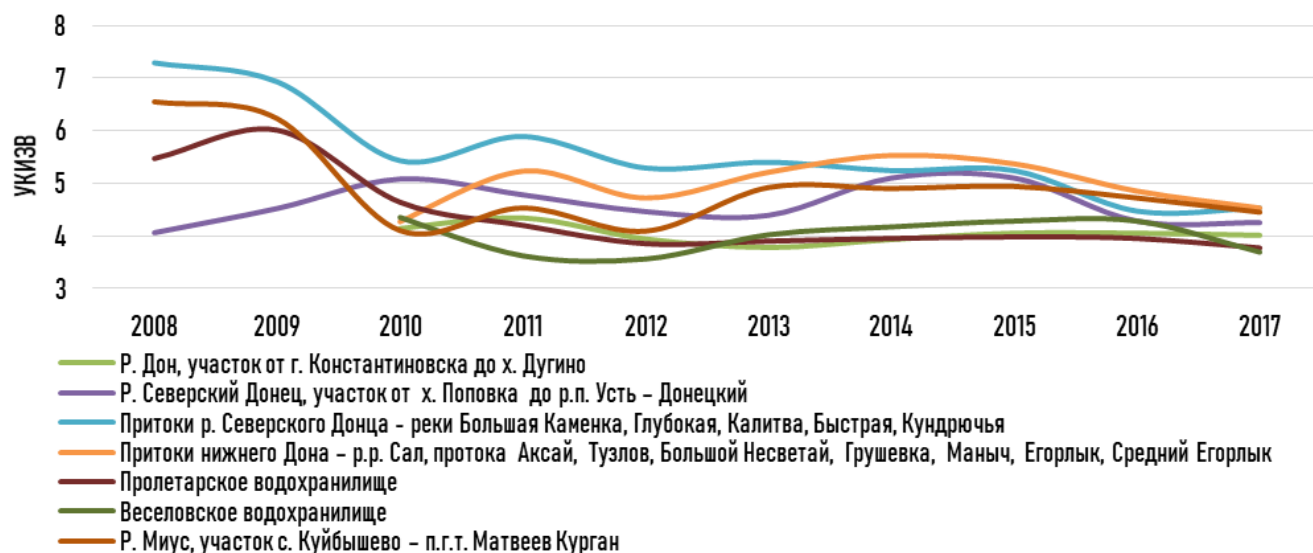


Рис. 11 – Динамика УКИЗВ в створах крупных рек Ростовской области

Значительное сокращение содержания гумуса в почвах фиксируется в восточной сельскохозяйственной зоне (рис. 12), что подтверждается интенсивными процессами деградации почвенного покрова за счет увеличения поголовья КРС и распашки территории. В северных зонах отмечается слабое уменьшение содержания гумуса. Содержание гумуса в центральной и южной зонах практически не меняется.

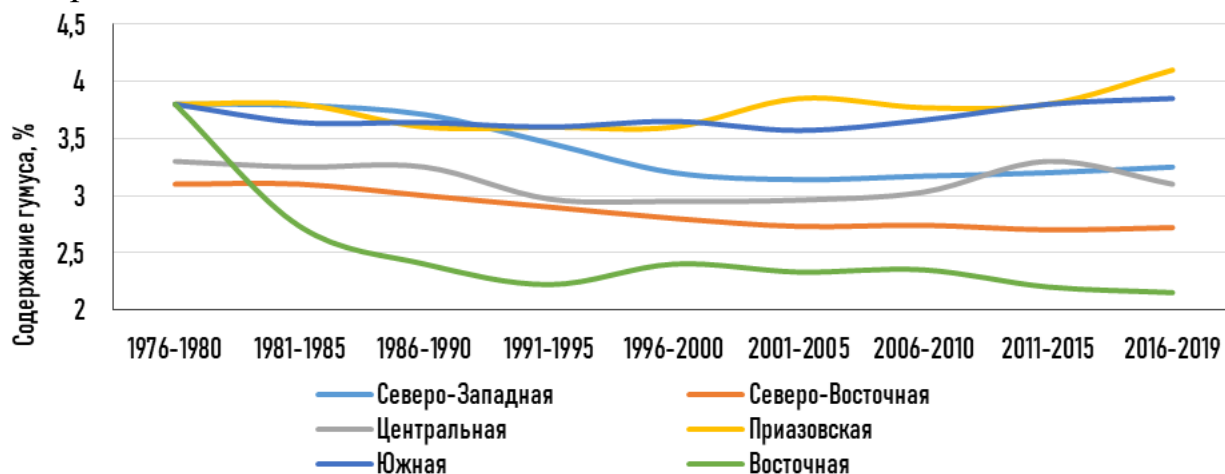


Рис. 12 – Динамика содержания гумуса в почвах сельскохозяйственных зон

#### Раздел 4. Комплексная геоэкологическая оценка Ростовской области

Комплексная геоэкологическая оценка включает выявление и анализ природных и антропогенных факторов, влияющих на формирование экологической ситуации, определение антропогенной нагрузки, оценку



загрязнения и деградации окружающей среды, интегральную оценку степени напряжённости экологической ситуации.

Интегральный показатель экологической ситуации региона – индекс, рассчитанный как сумма балльных оценок всех видов антропогенных нагрузок и степени загрязнения или деградации атмосферного воздуха, вод и почвенного покрова (табл. 3). По величине интегрального показателя или среднего балла определяется степень напряжённости экологической ситуации региона: удовлетворительная, напряжённая, критическая, кризисная, катастрофическая (рис. 13).

Таблица 3 – Комплексная геоэкологическая оценка территорий Ростовской области, 2016 г. (фрагмент)

Ландшафтно-экологические зоны и муниципальные образования	Антропогенная нагрузка				Состояние окружающей среды			Сумма	Среднее значение
	Демографическая	Промышленная	Сельскохозяйственная	Транспортная	Атмосферный воздух	Водные ресурсы	Земельные ресурсы		
<b>Юго-Западная</b>	<b>3,0</b>	<b>2,5</b>	<b>3,6</b>	<b>2,8</b>	<b>2,3</b>	<b>2,8</b>	<b>3</b>	<b>20,0</b>	<b>2,9</b>
г. Ростов-на-Дону	4,3	4,3	-	4,7	4,0	2,5	4	23,8	4,0
г. Азов	3,0	3,3	-	4,0	3,0	2,5	2	17,8	3,0
г. Батайск	4,0	2,5	-	3,3	3,0	2,5	2	17,3	2,9
г. Новочеркасск	3,3	4,7	-	4,0	4,0	2,5	4	22,5	3,8
г. Таганрог	4,3	3,3	-	4,3	3,0	2,5	5	22,4	3,7
<b>Среднее по городам</b>	<b>3,8</b>	<b>3,6</b>	<b>-</b>	<b>4,1</b>	<b>3,4</b>	<b>2,5</b>	<b>3,4</b>	<b>20,8</b>	<b>3,5</b>
Азовский	2,7	1,7	4,0	2,3	2,0	4,0	2	18,7	2,7
Аксайский	3,7	2,7	2,3	2,3	2,0	2,5	4	19,5	2,8
Куйбышевский	1,7	1,0	3,3	1,0	1,0	3,0	4	15,0	2,1
Матвеево-Курганский	2,0	1,3	4,0	1,7	1,0	2,5	3	15,5	2,2
Мясниковский	3,0	2,0	4,0	2,0	2,0	2,5	4	19,5	2,8
Неклиновский	2,7	1,7	3,7	2,3	2,0	4,0	2	18,4	2,6
Родионово-Несветайский	1,3	2,0	3,7	1,0	1,0	3,0	4	16,0	2,3
<b>Среднее по районам</b>	<b>2,4</b>	<b>1,8</b>	<b>3,6</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>	<b>17,6</b>	<b>2,5</b>

Результаты комплексной геоэкологической оценки Ростовской области заключаются в следующем.

**Городские округа.** В г. Ростове-на-Дону сформировалась кризисная экологическая ситуация. Здесь отмечаются максимальные значения всех видов антропогенной нагрузки, высокий уровень загрязнения преобладает в большинстве сред. В атмосфере, почвах, водных объектах присутствует множество загрязняющих веществ в концентрациях 5 ПДК и выше.

Кризисная экологическая ситуация установлена в Новочеркасске и Таганроге. В этих городах наблюдаются высокие и средние значения антропогенной нагрузки и уровня загрязнения окружающей среды. В Новочеркасске отмечается максимальная промышленная нагрузка, в Таганроге - высокий уровень загрязнения почв. В Волгодонске кризисная экологическая

ситуация обусловлена средними значениями антропогенной нагрузки и относительно низким уровнем загрязнения окружающей среды.

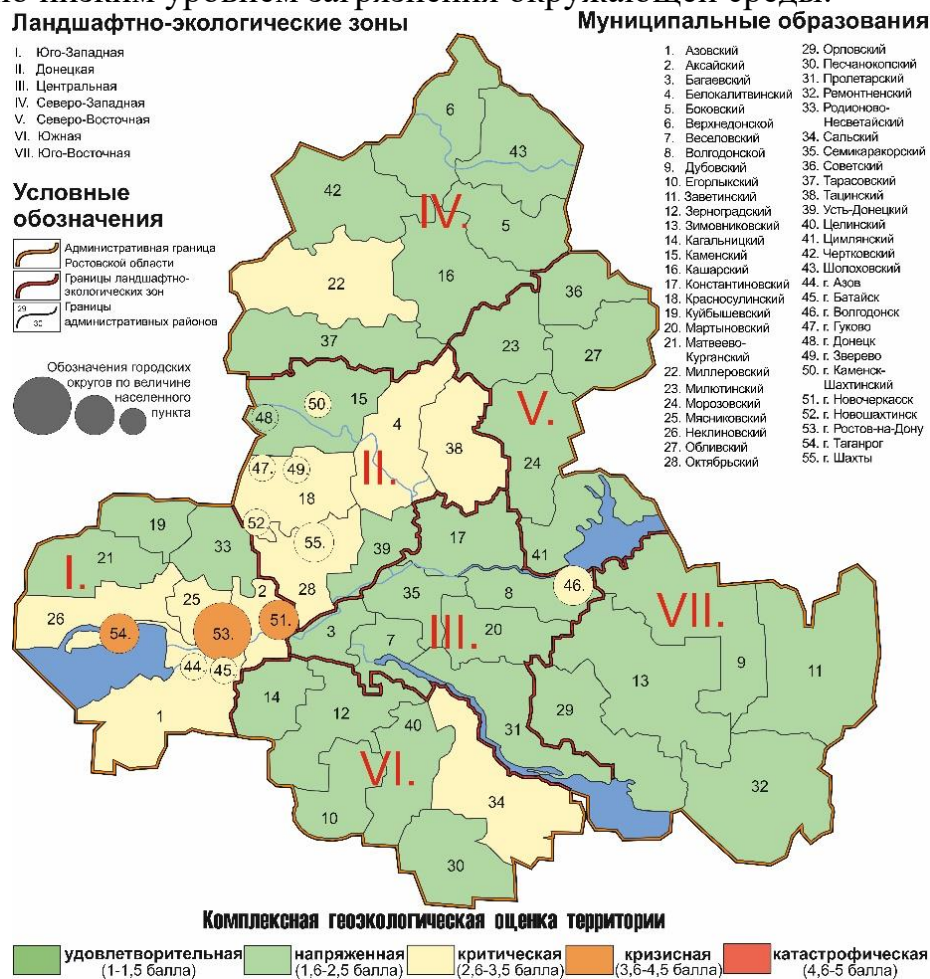


Рис. 13 – Карта-схема комплексной геоэкологической оценки Ростовской области, 2016 г.

Города Азов и Батайск отличаются повышенной демографической и транспортной нагрузкой, повышенным уровнем загрязнения атмосферы, критической экологической ситуацией.

Город Шахты – крупный промышленный центр Восточного Донбасса испытывает повышенную антропогенную нагрузку, а явления, связанные с реструктуризацией угольной промышленности (горящие терриконы, подтопление шахтными водами и т.д.), создают критическую экологическую ситуацию.

Критической экологической ситуацией характеризуются города Гуково, Зверево, Каменск, Новошахтинск. В большинстве шахтерских городов установлена высокая суммарная антропогенная нагрузка. В Новошахтинске, Гуково, Зверево наблюдается повышенный уровень загрязнения водных объектов и почвенного покрова. Донецк является единственным городом с напряжённой экологической ситуацией.

**Аграрные районы.** В аграрных районах Ростовской области выявлены критическая и напряжённая экологическая ситуация. Сельские пригородные районы урбанизированных зон Ростовской агломерации характеризуются средней промышленной и транспортной нагрузкой, повышенной сельскохозяйственной антропогенной нагрузкой. Здесь отмечается повышенный уровень загрязнения

водных объектов и средняя степень деградации почвенного покрова. В Аксайском и Мясниковском районах сложилась критическая экологическая ситуация, в остальных районах – напряжённая.

Районы Донецкой зоны отличаются максимальными для аграрных районов показателями выбросов в атмосферу, сбросов в водные объекты, образования отходов, средними значениями всех видов антропогенной нагрузки, повышенным уровнем загрязнения водных объектов и деградации почвенного покрова. Все это формирует в районе Восточного Донбасса критическую экологическую ситуацию.

Критическая экологическая ситуация наблюдается в ряде сельских районов с повышенной антропогенной нагрузкой: Миллеровском, Сальском, Семикаракорском, Орловском и Зимовниковском.

Напряжённая экологическая ситуация установлена в большей части сельских районов Ростовской области, которые характеризуются высокой сельскохозяйственной нагрузкой, пониженными показателями демографической, промышленной и транспортной нагрузок, относительно низким уровнем загрязнения окружающей среды и средней степенью деградации почв.

Полученные данные показывают, что в Ростовской области в городах с критической экологической ситуацией проживает 1,54 млн человек или 36,4% населения. В районах с кризисной экологической ситуацией численность населения составляет 1,85 млн человек (43,7% от численности региона). В основном это жители городов и аграрно-промышленных районов в Ростовской и Шахтинской агломерациях, а также Миллеровского, Сальского, Орловского и Зимовниковского районов. В аграрных районах с напряжённой экологической ситуацией находятся 0,84 млн человек или 19,9% от общей численности населения Ростовской области.

**Пространственные особенности формирования экологической ситуации** в Ростовской области выявлялись с учетом всех результатов комплексной геоэкологической оценки и заключаются в следующем:

– в районах с промышленным типом природопользования преобладает кризисная и критическая экологическая ситуация. Кризисная экологическая ситуация установлена в крупном индустриальном городе – Ростове-на-Дону, критическая – в средних индустриальных городах – Новочеркаске, Таганроге, Шахтах и в Батайске – пригороде крупного промышленного центра. В остальных районах с промышленным типом природопользования выделена напряжённая экологическая ситуация;

– критическая экологическая ситуация сформировалась в сельских районах пригородных урбанизированных зон и разработки минерального сырья с аграрно-промышленным типом природопользования, а также в ряде аграрных районов с повышенной антропогенной нагрузкой: Миллеровском, Сальском, Семикаракорском, Зимовниковском и Орловском;

– напряжённая экологическая ситуация выявлена в большинстве муниципальных районов региона с аграрным типом природопользования, которые характеризуются высокой сельскохозяйственной нагрузкой, пониженными показателями демографической, промышленной и транспортной

нагрузок, относительно низким уровнем загрязнения окружающей среды и средней степени деградации почвенного покрова.

**Изменения экологической ситуации за последние 20 лет.** В Ростовской области за последние десятилетия произошли существенные изменения в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте и других отраслях, которые оказали значительное влияние на окружающую среду.

Для выявления изменения экологической ситуации было проведено сравнение результатов комплексных геоэкологических оценок Ростовской области, выполненных В.Е. Закруткиным и др. (2000) по данным за 1996 г., А.С. Орлинским, А.Д. Хаванским (2011) по данным за 2006 г. и наши данные за 2016 г.

Полученные результаты (рис. 14) показывают, что в крупном и средних промышленных городах (Ростов-на-Дону, Новочеркасск, Шахты и др.), несмотря на снижение антропогенной нагрузки, экологическая ситуация практически не изменилась. В Таганроге экологическая ситуация ухудшилась. В Волгодонске и ряде шахтерских городов за счет спада производства, реструктуризации угольной промышленности и ликвидации предприятий отмечается улучшение экологической ситуации.



**Рис. 14 – Изменение экологической ситуации в Ростовской за последние 20 лет**

В большинстве аграрно-промышленных районов Ростовской агломерации и Восточного Донбасса экологическая ситуация улучшилась от кризисной до критической, в некоторых осталась без изменений и только в Тагинском районе, за счет строительства и разработки новых шахт, экологическая ситуация ухудшилась от напряженной до критической.

На большей части Центральной и Южной зон экологическая ситуация существенно не изменилась. В аграрных районах Северо-Западной и Северо-Восточной зон (Боковский, Кашарский и Советский районы) экологическая ситуация ухудшилась от удовлетворительной до напряженной, а в Миллеровском районе от напряженной до критической, в остальных районах экологическая ситуация осталась прежней.

Существенные изменения экологической ситуации произошли в аграрных районах богарного земледелия и скотоводства Юго-Восточной зоны. Здесь во

всех районах экологическая ситуация ухудшилась от удовлетворительной до напряженной.

**Экологические проблемы Ростовской области.** Ландшафтно-экологическое зонирование Ростовской области позволило выделить территории с однородными природными условиями, определенным типом природопользования и характером воздействия на окружающую среду, под влиянием которых формируются соответствующая экологическая ситуация и экологические проблемы, характерные для каждой ландшафтно-экологической зоны. На основании проведенных исследований установлены и охарактеризованы экологические проблемы Ростовской области, которые разделены на общие и специфические. К общим экологическим проблемам относятся высокие показатели загрязнения атмосферного воздуха в крупных и средних городских округах, высокий уровень загрязнения водных ресурсов, образование большого количества отходов, низкий уровень обращения с отходами, высокий уровень деградация почв на значительной площади региона. Специфические экологические проблемы включают: экологические проблемы угледобывающих районов Восточного Донбасса, опустынивание юго-восточных районов Ростовской области, изъятие больших объемов чистой воды из поверхностных водных объектов, большие потери воды, низкое качество питьевой воды в ряде районов области.

### **Выводы**

1. Усовершенствована методика комплексной геоэкологической оценки региона, а именно: введена ландшафтно-экологическая дифференциация территории, разработаны прямые показатели для определения антропогенной нагрузки, произведен пространственно-временной анализ экологической ситуации, выявлены экологические проблемы региона.

2. Произведена ландшафтно-экологическая дифференциация региона, которая учитывает природные ландшафты региона, природный потенциал ландшафтов, типы природопользования. По сочетанию указанных факторов в пределах Ростовской области выделены семь ландшафтно-экологических зон, отличающихся определенными природными условиями и характером хозяйственного использования.

3. Выявлены пространственные особенности формирования антропогенной нагрузки в Ростовской области, которые заключаются в следующем:

– в городах с промышленным типом природопользования преобладают высокие и средние значения демографической, промышленной и транспортной нагрузки;

– в сельских районах с аграрно-промышленным типом природопользования максимальные для аграрных территорий показатели промышленной нагрузки, средние значения демографической и сельскохозяйственной нагрузки;

– среди сельских районов богарного земледелия со средней антропогенной нагрузкой выделяются аграрно-промышленные центры: Миллеровский, Сальский, Зерноградский, в которых наряду с высокой сельскохозяйственной нагрузкой, повышены промышленная и демографическая нагрузки;

– аграрные районы, удаленные от промышленных центров, характеризуются высоким и средним уровнем сельскохозяйственной нагрузки и пониженными или низкими значениями общей антропогенной нагрузки.

4. Изменение антропогенной нагрузки за последние 30 лет заключается в следующем:

– объем выбросов в атмосферу и сбрасываемых сточных вод в регионе уменьшился почти в 4 раза, все это привело к снижению промышленной нагрузки, особенно в городах Ростовской и Шахтинской агломераций;

– за исследуемый период в регионе резко увеличилась сельскохозяйственная нагрузка в Северо-Западной, Северо-Восточной и Юго-Восточной зонах, по сравнению с другими территориями здесь произошло увеличение посевных площадей в 1,5 раза, а также рост сбора зерновых культур в 3–5 раз;

– транспортная нагрузка, несмотря на увеличение численности автомобилей, уменьшается за счет снижения выбросов загрязняющих веществ, обусловленного улучшением качества топлива, технологии выпуска отработанных газов и изменением методик расчета;

– общая антропогенная нагрузка последовательно снижается в Юго-Западной, Донецкой, Центральной, Южной зонах, в районах Северо-Восточной, Северо-Западной и Юго-Восточной зон, общая антропогенная нагрузка возрастает за счет увеличения сельскохозяйственной нагрузки.

5. В большинстве районов Юго-Западной, Донецкой, Северо-Западной и Юго-Восточной зон преобладает неблагоприятное состояние окружающей среды. В Ростове-на-Дону, Таганроге, Новочеркасске и Новошахтинске состояние окружающей среды характеризуется как опасное. Районы с допустимым состоянием окружающей среды расположены на севере, северо-востоке, в центре и на юге региона.

6. На территории Ростовской области выделено 6 ареалов загрязнения и деградации окружающей среды: Ростовский, Шахтинский, Миллеровский, Сальский, Морозовский и Зимовниковский, которые отличаются характером и интенсивностью проявления, а также сочетанием экологических проблем.

7. Выявлены следующие пространственные особенности формирования экологической ситуации в Ростовской области:

– в районах с промышленным типом природопользования преобладает кризисная и критическая экологическая ситуация;

– критическая экологическая ситуация сформировалась в сельских районах пригородных урбанизированных зон и разработки минерального сырья, а также в ряде аграрных районов с повышенной антропогенной нагрузкой;

– напряжённая экологическая ситуация выявлена в большинстве сельских районов, которые характеризуются высокой сельскохозяйственной нагрузкой.

8. За последние 20 лет в Ростове-на-Дону, Новочеркасске и Шахтах, несмотря на снижение антропогенной нагрузки, экологическая ситуация практически не изменилась, в Волгодонске и ряде шахтерских городов за счет спада производства и ликвидации предприятий отмечается улучшение



экологической ситуации. В большинстве аграрных районов на севере и юго-востоке региона существенно увеличилась сельскохозяйственная нагрузка и ухудшилась экологическая ситуация.

9. Определены и охарактеризованы экологические проблемы Ростовской области, которые разделены на общие и специфические.

### **3 СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **В изданиях из списка Web of Science и/или Scopus:**

1) Khavanskiy A.D. Assessment of anthropogenic pressure on the environment in Rostov region / A.D. Khavanskiy, V.V. Latun, Y.Y. Merinova, **А.М. Ivanchenko**, L.A. Nedoseka // E3S Web Of Conferences 8. Ser. «Innovative Technologies in Science and Education, ITSE 2020», 2020. – P. 1004.

#### **В изданиях, рекомендованных ВАК:**

2) **Иванченко А.М.** Динамика антропогенной нагрузки Ростовской области / А.М. Иванченко, А.Д. Хаванский. DOI: 10.24411/2413-046X-2021-10430 // Московский экономический журнал – 2021. – № 7. – С. 261-271.

3) Меринова Ю.Ю. Территориальные диспропорции распределения выбросов загрязняющих веществ в атмосфере Ростовской области / Ю.Ю. Меринова, **А.М. Иванченко**, А.Д. Хаванский, В.В. Латун // Известия Дагестанского государственного педагогического университета серия «Естественные и точные науки». – Т. 14. № 3. – 2020. – С. 98-104.

#### **В прочих изданиях:**

4) **Иванченко А.М.** Влияние природных факторов на формирование экологической ситуации в Ростовской области / А.М. Иванченко, А.Д. Хаванский. DOI: 10.23885/2500-123X-2019-2-4-212-217 // Математическое моделирование и океанографические базы данных «Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями»: сб. материалов IV Всероссийской конференции, Дюрсо 9-14 сентября 2019 г. – Ростов-на-Дону, 2019. – С. 212-217. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_41143362\\_45610482.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_41143362_45610482.pdf) (дата обращения: 12.12.2019). – Режим доступа: для зарегистр. пользователей.

5) **Иванченко А.М.** Влияние продолжительного засушливого периода на сельскохозяйственные угодья Ростовской области / Иванченко А.М., Иванченко И.Н., Меринова Ю.Ю. // Актуальные вопросы и инновационные технологии в развитии географических наук: материалы Всероссийской научной конференции, Ростов-на-Дону, 31 янв. - 01 фев. 2020 г. – Ростов н/Дону, 2020. – С. 465-468.

6) **Иванченко А.М.** Природный потенциал ландшафтов Ростовской области / А.М. Иванченко, А.Н. Коновалов, И.В. Бессмертный [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2019. – № 4 (204). – С. 62-70.

7) **Кравченко А.М.** Особенности размещения твердых коммунальных отходов в городах Ростовской области / А.М. Кравченко, Ю.Ю. Меринова, Д.В. Акимов // Проблемы социально-экономической географии и природопользования:

сб. материалов Всероссийской научной конференции, Ростов-на-Дону, 1 декабря 2017 г. – Ростов-на-Дону, 2017. – С. 213-217.

8) Меринова Ю.Ю. Динамика загрязнения атмосферного воздуха южных районов Ростовской области / Ю.Ю. Меринова, И.В. Богачев, **А.М. Кравченко** // Проблемы социально-экономической географии и природопользования: сб. материалов Всероссийской научной конференции, Ростов-на-Дону, 1 декабря 2017 г. – Ростов-на-Дону, 2017. – С. 428-432.

9) Хаванский А.Д. Антропогенная нагрузка и состояние окружающей среды в прибрежной зоне Азовского моря / А.Д. Хаванский, В.В. Латун, О.А. Хорошев, Ю.Ю. Меринова, И.В. Богачев, **А.М. Кравченко** // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов «Опасные явления», Ростов-на-Дону, 13-23 июня 2019 г. – Ростов-на-Дону, 2019. – С. 205-208.

10) Хаванский А.Д. Комплексная экологическая оценка Ростовской области / А.Д. Хаванский, В.В. Латун, **А.М. Иванченко**, Ю.Ю. Меринова, И.В. Бессмертный, Н.Н. Шпак // International Agricultural Journal. – 2021.–№ 1 (64). – С. 257-270.

11) Хаванский А.Д. Районирование Ростовской области по условиям природопользования / А.Д. Хаванский, О.А. Хорошев, Ю.Ю. Меринова, **А.М. Кравченко** // Проблемы социально-экономической географии и природопользования: сб. материалов Всероссийской научной конференции, Ростов-на-Дону, 2017. – Ростов-на-Дону, 2017. – С. 289-294.

12) Хаванский А.Д. Типы природопользования и экологическая ситуация в Ростовской области / А.Д. Хаванский, В.В. Латун, О.А. Хорошев, Ю.Ю. Меринова, И.В. Богачев, **А.М. Кравченко** // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. – 2018. – Т. 1, № 3. – С. 262-269.

13) Khavanskiy A.D. Ecological and Economic Assessment and Dangerous Coastal Processes in the Coastal Zone of the Azov Sea / A.D. Khavanskiy, V.V. Latun, O.A. Khoroshev, Y.Y. Merinova, I.V. Bogachev, **A.M. Kravchenko**, A.N. Konovalov. DOI: <https://doi.org/10.2991/isees-19.2019.118>. // Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST), volume 1 International Symposium «Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research» (ISEES 2019). – P. 597-602. – URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/isees-19/125914251> (access date: 05.06.2020).