

# ВЛИЯНИЕ СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НЕОДНОРОДНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ГОРОДАХ КАЗАХСТАНА

## INFLUENCE OF SYNOPTIC CONDITIONS ON THE HETEROGENEITY OF THE DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC POLLUTION IN THE CITIES OF KAZAKHSTAN

**T. Musabaev  
K. Akhmetov  
A. Musabayeva**

*Summary.* The issues of atmospheric air pollution and the characteristics of meteorological conditions in the Republic of Kazakhstan, including an assessment of the influence of synoptic conditions on the heterogeneity of the distribution of atmospheric pollution in the cities of Kazakhstan (Astana, Karaganda, Ust-Kamenogorsk, Taraz, Kostanay, Petropavlovsk, Kokshetau) are considered.

The results of using the synoptic method in determining the quality of atmospheric pollution, its monitoring and forecasting are presented.

*Keywords:* urbanization, The general scheme of territory organization, atmospheric air, pollution, urban planning, cadastre, environmental protection.

**Мусабаев Турлыбек Туркпенович**

доктор технических наук, профессор ЕНУ  
им. Л.Н. Гумилева, академик НИА РК, Заслуженный  
работник науки, Почетный строитель, Почетный  
архитектор Казахстана, Генеральный директор РГП  
«Госградкадастр», Республика Казахстан, г. Астана  
info@nationalplan.kz

**Ахметов Канат Мулдагалиевич**

Руководитель Отдела экологии и природных ресурсов  
Управления территориального планирования РГП  
«Госградкадастр», Республика Казахстан, г. Астана  
kakhmetov@nationalplan.kz

**Мусабаева Асель Турлыбековна**

МГУ им. М.В. Ломоносова,  
Республика Казахстан, г. Астана  
asel\_1511@mail.ru

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы загрязнения атмосферного воздуха и характеристики метеорологических условий в Республике Казахстан, включая оценку влияния синоптических условий на неоднородность распределения загрязнения атмосферы в городах Казахстана (Астана, Караганда, Усть-Каменогорск, Тараз, Костанай, Петропавловск, Кокшетау).

Представлены результаты использования синоптического метода при определении качества загрязнения атмосферы, его мониторинга и прогнозирования.

*Ключевые слова:* урбанизация, генеральная схема организации территории, атмосферный воздух, загрязнение, градостроительное планирование, кадастр, охрана окружающей среды.

**В** настоящее время города являются основными центрами экономического роста, а также центрами роста населения и использования ресурсов. Быстрый рост городов — один из важнейших вызовов XXI века.

Уровень урбанизации в Казахстане к 2050 году может достигнуть 67 % против 62 % в 2022 году. Численность городского населения вырастет на 6,6 млн человек или на 55 %. Ускорение урбанизации существенно влияет на усиление загрязнения воздуха и экологического риска, оказывающего негативное воздействие на здоровье человека.

Вызовы и возможности городов должны пониматься именно в контексте существования разрыва между предоставлением основных услуг и быстрым ростом городского населения. В ближайшие десятилетия потребуется создание огромных объемов инфраструктуры в городских районах.

Устойчивое развитие городов подразумевает создание безопасных и комфортных условий для людей, снижение негативного воздействия на экосистемы и рациональное использование природных ресурсов для благополучия следующих поколений.

В настоящее время в рамках действующей системы градостроительного планирования в Республике Казахстан реализуются градостроительные проекты — Генеральная схема организации территории страны и детализирующих ее положения межрегиональные схемы развития макрорегионов и агломераций.

Указанные документы является инструментом поддержки принятия управленческих решений развития и обустройства территории.

В целях мониторинга реализации градостроительных проектов и формирования актуальных данных создан цифровой инструментарий — государственный градостроительный кадастр.

Градостроительными проектами предусматриваются основные меры по охране окружающей среды, включая оздоровление экологической обстановки и обеспечение экологической безопасности населения и территорий, сохранение и восстановление природных экосистем, обеспечение рационального и устойчивого природопользования.

Одной из основных задач решения экологических проблем является снижение загрязнения атмосферного воздуха, которое остается одним из ведущих факторов воздействия на окружающую среду, оказывающих негативное влияние на здоровье населения регионов республики.

По данным Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, общий объем выбросов в 2022 году составил 4,2 млн тонн (в 2023 году — 4,3 млн тонн).

К основным загрязнителям атмосферного воздуха в Казахстане в первую очередь относятся предприятия теплоэнергетики, черной и цветной металлургии, нефтегазовая отрасль, авто— и железнодорожный транспорт.

Наибольший объем выбросов загрязняющих веществ формируется на территориях Павлодарской, Карагандинской, Актюбинской, Атырауской и Восточно-Казахстанской областей.

Определенное количество загрязняющих веществ поступает на территорию Казахстана из соседних государств. В свою очередь с территории республики также происходит трансграничный перенос загрязняющих веществ на территорию соседних стран.

Ускорение процесса урбанизации также существенно влияет на усиление загрязнения воздуха. Сегодня больше половины населения проживает в городах, которые, с одной стороны, часто являются источниками загрязнения воздуха, а с другой, именно в них последствия загрязнения воздуха ощущаются особенно остро.

Для проведения оценки воздействий на окружающую среду деятельности предприятий, для расчета трансграничных потоков и прогнозирования загрязнения воздуха необходимо получение достоверной информации о выбросах вредных веществ в атмосферу, включая мониторинговые данные состояния воздушного бассейна.

В этой связи необходимо проведение новых исследований оценки и моделирования качества загрязнения атмосферного воздуха в Казахстане.

В рамках настоящего научного исследования проведено изучение влияния синоптических условий на не-

однородность распределения загрязнения атмосферы в городах Казахстана в зависимости от синоптических, экономических и географических факторов.

Актуальность работы определена тем, что в связи с неравномерным распределением промышленных предприятий, неравномерной застройкой, рельефом местности и определенной розе ветров загрязнение атмосферного воздуха неравномерно распределяется внутри городов.

В связи с этим, при отсутствии превышения предельно-допустимых концентраций в среднем по городам и в их отдельных районах могут отмечаться опасные уровни загрязнения.

Исследование проводилось в 7 городах Казахстана, включая Астану, Караганду, Костанай, Петропавловск, Усть-Каменогорск, Тараз и Кокшетау. Выбор указанных городов обосновывался их репрезентативным положением и наличием нескольких пунктов наземного мониторинга за загрязняющими веществами (ПНЗ), также рассматривались такие критерии, как рельеф и структура промышленности.

В задачи работы входило создание архивов данных по загрязнению атмосферного воздуха городов, синоптических ситуаций на территории республики за 2018–2020 годы, выявление неоднородности распределения загрязнения атмосферы внутри городов и их причины.

В качестве источников данных использовались ежедневные бюллетени состояния воздушного бассейна РГП «Казгидромет», для анализа синоптической ситуации использовались приземные карты, карты барической топографии и карты осадков [19].

По результатам анализа загрязнения воздушного бассейна в репрезентативных городах были сделаны следующие выводы:

1. К основным загрязняющим веществам на территории городов республики относятся оксиды серы и азота, оксид углерода, взвешенные частицы, фторуглероды.
2. Максимальное количество превышений предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ приходится на диоксид азота, оксид углерода и взвешенные частицы. Это связано, в первую очередь с их источниками, включая процессы горения, осуществляемые на ТЭЦ, продукты сгорания топлива в автомобилях с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), бытовые печи и угольные шахты.
3. Максимальное количество дней с превышениями ПДК отмечено в городах Усть-Каменогорск, Астана, Караганда, что в значительной степени

связано с выбросами промышленных предприятий. В городе Астане большой вклад в загрязнение воздушного бассейна также вносит автотранспорт.

4. Во всех рассматриваемых городах республики, за исключением Усть-Каменогорска, максимальная доля превышений ПДК фиксировалась и в холодное, и в теплое полугодие в центральной части антициклона, где максимального развития достигают инверсии температуры (радиационные и инверсии оседания), затрудняющие вертикальное перемешивание воздуха. В циклонах максимум превышений ПДК приходится на южную, юго-восточную и юго-западную периферию, то есть на теплый сектор, где наиболее часто формируется устойчивая стратификация температуры, не способствующая развитию восходящих движений.
5. В городе Усть-Каменогорске максимум превышений в антициклоне приходится на западную и юго-западную периферию, что обусловлено влиянием рельефа (наличие горного хребта к востоку от города).
6. По результатам исследования выявлено, что за рассматриваемый период над территорией Казахстана в холодное полугодие преобладает антициклон и гребень, в теплое полугодие значительно увеличивается повторяемость циклонов

и ложбин. Так как антициклональные условия благоприятны для накопления примесей, а циклонические — для уменьшения загрязнения, в теплое полугодие количество случаев превышения ПДК меньше, чем в холодное.

Для большинства загрязняющих веществ в большинстве городов их накоплению в приземном слое способствуют низкие температуры воздуха у земли, формирование инверсий, а также низкая скорость ветра. Выпадение осадков приводит к выведению примесей из атмосферы

На повторяемость превышений помимо синоптических условий оказывает влияние структура и интенсивность выбросов, и географическо-климатические факторы (рельеф и роза ветров).

Анализ неравномерности распределения загрязнения отдельно в разрезе городов показал следующее.

В городе Астана в 2018–2020 гг. было зафиксировано 895 дней с превышениями ПДК загрязняющих веществ. Максимальное количество превышений ПДК в городе отмечается внутри промышленной зоны города и вблизи железной дороги (рисунк 1). Доминирующее влияние на неравномерное распределение загрязнения оказывает распределение источников выбросов и роза

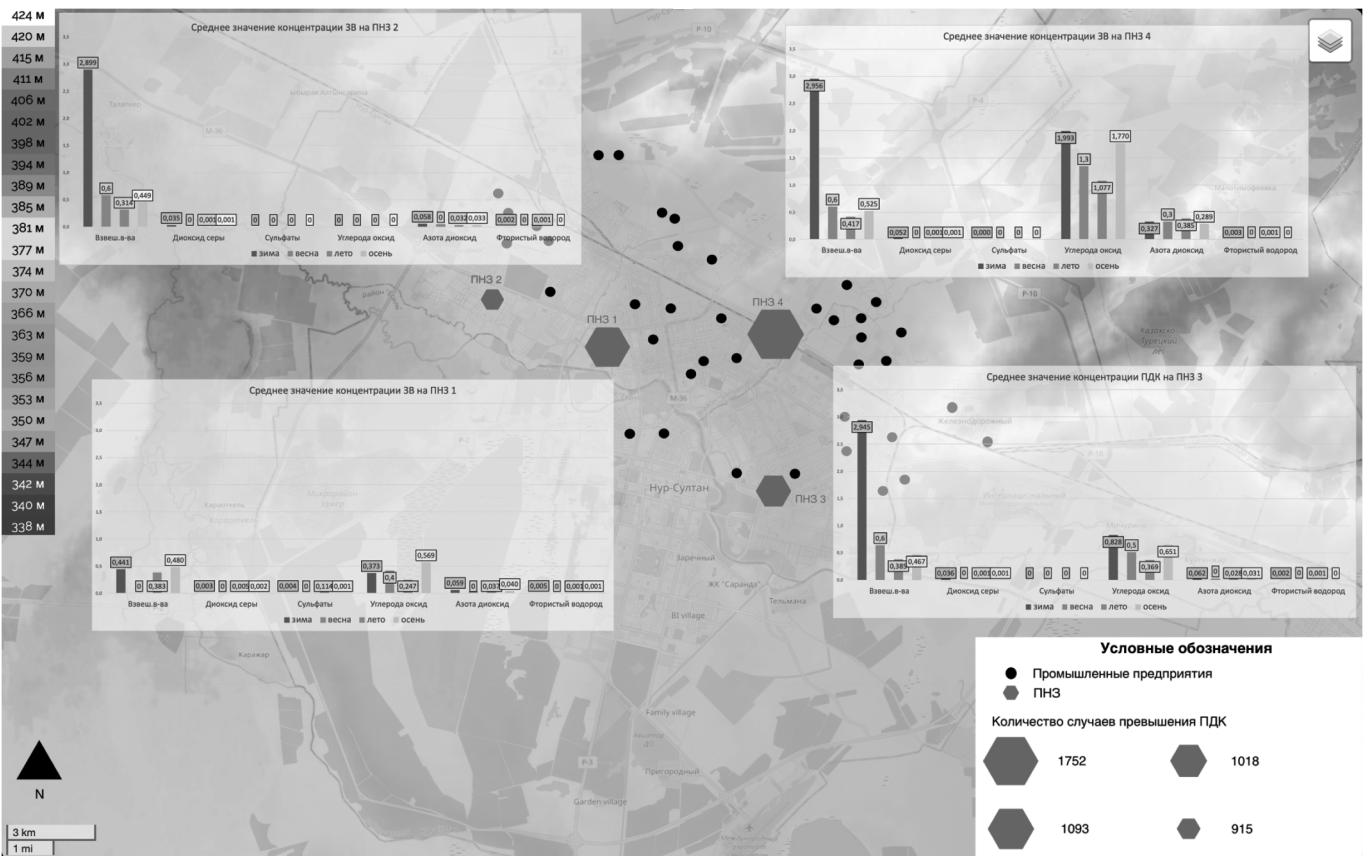


Рис. 1. Распределение средних концентраций ЗВ, рельефа и промышленных предприятий в городе Астане

ветров. Так как город расположен в равнинной местности и характеризуется сильными ветрами, то обеспечивается интенсивный перенос загрязнения по направлению ветра.

За период 2018–2020 гг. в городе Караганде превышения ПДК зафиксированы почти на всех 4 ПНЗ в течение 856 дней, что говорит об их равномерном пространственном распределении.

Наибольшее влияние на распределение загрязнения внутри города Караганды оказывают не синоптические условия, а географические, экономические и климатические факторы (рельеф, роза ветров, локализация промышленных предприятий).

В городе Усть-Каменогорске преобладает достаточно равномерное пространственное распределение загрязняющих веществ (рисунок 2).

Наибольшая концентрация загрязняющих веществ наблюдается по оксиду углерода (СО) в зимний период, максимальное среднее значение наблюдается на ПНЗ 1 (3 мг/м<sup>3</sup>), минимальное — на ПНЗ 4 (0,65 мг/м<sup>3</sup>). Это связано с тем, что в городе промышленные предприятия не сконцентрированы в одной зоне, а расположены повсеместно. Важную роль играют рельеф и роза ветров, преобладающее северо-западное направление ветра, совпадающие с ориентацией долиной реки Иртыш способствуют переносу примесей с северо-запада на юго-восток, вызывая увеличение загрязнения в юго-восточных районах города.

В городе Костанай за 2018–2020 годы было зафиксировано 614 дней, в которых были превышения ПДК. В городе функционирует 2 стационарных пункта наблюдения за загрязнениями. Максимальное количество превышений приходится на ПНЗ 2 (60 %), на ПНЗ 1 — 40 %.

Количество превышений ПДК сильно различается как между разными районами города, так и в зависимости от синоптических условий и от сезона года. Это свидетельствует о том, что на уровень загрязнения города влияют как синоптические, так и экономико-географические факторы.

В городе Петропавловске доминирующее влияние на распределение загрязняющих веществ внутри города оказывает синоптическая ситуация. Это подтверждается тем, что разность количества превышений между ПНЗ меньше, чем изменчивость загрязнения на одном ПНЗ, обусловленная различными синоптическими условиями. За 2018–2020 гг. было зафиксировано 551 дней, в которых были превышения ПДК. Максимальное количество превышений прослеживается на ПНЗ 2 (50 %), наименьшее — на ПНЗ 3 (6 %).

Одним из самых загрязнённых среди анализируемых городов является Тараз, что обусловлено особенностями рельефа и наличием большого количества промышленных предприятий. В холодное полугодие синоптическая ситуация оказывает значительное влияние на распределение загрязнения внутри города, в теплое полугодие влияние синоптических условий уменьшается. Наибольшие концентрации наблюдаются по оксиду углерода, имелись превышения ПДК по взвешенным частицам, монооксиду углерода, формальдегиду, диоксиду азота. По фтористому водороду, диоксиду серы. По фтористому водороду превышений не отмечено.

Город Кокшетау характеризуется низким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, что связано с небольшой концентрацией производств в городе и позволяет оценить влияние метеорологических условий на рассеивание примесей. Основной объем всех превышений ПДК загрязняющих веществ (97%) зафиксирован на ПНЗ 1 (97 %). Это обусловлено тем, что он находится около железной дороги и рельефом. На ПНЗ 2 приходится только 3 % превышений.

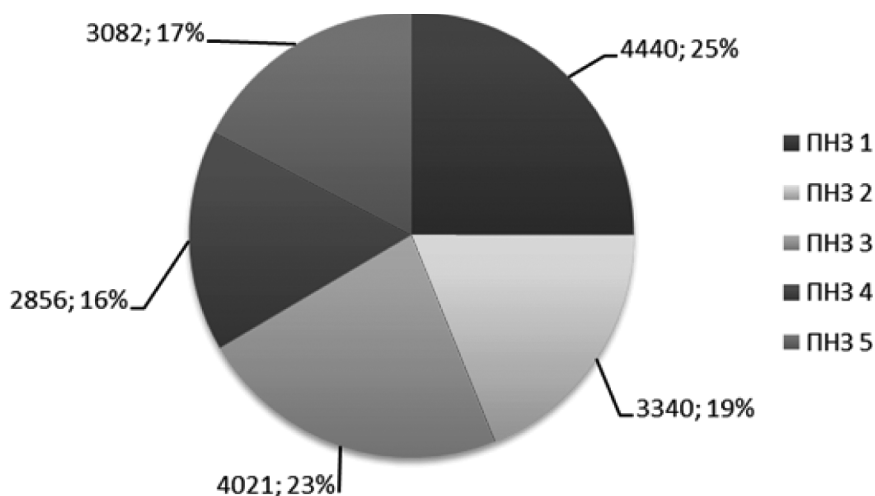


Рис. 2. Распределение количества превышений ПДК по ПНЗ в городе Усть-Каменогорске

Согласно результатам проведенного исследования выявлено, что метеорологические процессы это только один из факторов, влияющих на загрязнение атмосферного воздуха. Неоднородность его распределения в городах Астана, Караганда, Костанай, Петропавловск, Усть-Каменогорск, Тараз и Кокшетау вероятно обуславливается несколькими факторами, такими как близкое расположение промышленных предприятий к ПНЗ, ро-

зой ветров в совокупности с рельефом и другими причинами.

Использование синоптического метода для определения качества атмосферного воздуха в динамике является одним из возможных видов исследований при определении качества загрязнения атмосферы, его мониторинга и прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Казахстан от 16 июля 2001 года № 242-II «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан».
2. Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2013 года № 1434 «Об утверждении Основных положений Генеральной схемы организации территории Республики Казахстан».
3. Аналитическая записка Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 год.
4. Городское планирование для руководителей городов // Программа ООН по населенным пунктам (ООН-Хабитат). 2015. [www.unhabitat.org](http://www.unhabitat.org).
5. Чистый воздух для жизни // Информационная служба Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций. <http://www.unecsc.org>.
6. А.Е. Морозов, Н.И. Стародубцева, Метеорологические условия и загрязнение атмосферы, 2020 г., 20 с.
7. Алексеева Л.И. Учение об атмосфере. Основные метеорологические элементы: эколого-климатическое значение и методы измерения: учеб. пособие // Л.И. Алексеева, М.С. Мягков, Е.К. Семенов, Н.Н. Соколихина. М.: ИНФРА-М, 2019. — 280 с.
8. Безуглая Э.Ю. Воздух городов и его изменения. // Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. — СПб.: Астерион, 2008. — 254 с.
9. Белан, Б.Д. Распространение примесей в атмосфере и методы их контроля / Б.Д. Белан, Г.Г. Журавлев, Г.О. Задде, В.А. Попов — Томск: Изд-во ТПУ, 2000. — 342 с.
10. Берлянд М.Е. Руководящий документ. Охрана природы. Атмосфера. Руководство по прогнозу загрязнения воздуха. // С-Петербург. Гидрометеиздат, 1998 г. — РД 52.04.306-92.
11. Берлянд, М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. — Л.: Гидрометеиздат, 1985;
12. Вильфанд Р.М., Кузнецова И.Н., Шалыгина И.Ю., Звягинцев А.М., Нахаев М.И., Захарова П.В., Лапченко В.А. Мониторинг и прогнозирование качества воздуха в Московском регионе // Биосфера. 2014. Т. 6, No 4. С. 339–351.
13. Метеорология и климатология: учебник — 7-е изд. / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. — М.: Изд-во Моск. Ун-та: Наука, 2006. — 582 с.: илл. — (Классический университетский учебник). — 24 с.
14. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86, Госкомгидромет;
15. Назаренко А.В. Классификация синоптических процессов в целях геоэкологического мониторинга воздушного бассейна // Назаренко А.В. Вестник ВГУ, СЕРИЯ: ГЕОГРАФИЯ, ГЕОЭКОЛОГИЯ №1, 2006 — УДК 504.510.
16. Сонькин, Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы / Л.Р. Сонькин. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — 223 с.
17. Хромов, С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов, М.А. Петросянц — М.: Изд-во Моск. ун-та «Наука», 2006. — 582 с.
18. Мусабаев Т.Т. Развитие территорий должно быть сбалансированным. Казахстанская правда, 20 декабря 2021 года, с. 3.
19. официальный сайт РГП «Казгидромет» <https://www.kazhydromet.kz>.
20. <https://enbek.kz/ru/analytical-data/5310>

© Мусабаев Турлыбек Туркпеневич ([info@nationalplan.kz](mailto:info@nationalplan.kz)); Ахметов Канат Мулдагалиевич ([kahmetov@nationalplan.kz](mailto:kahmetov@nationalplan.kz));

Мусабаева Асель Турлыбековна ([asel\\_1511@mail.ru](mailto:asel_1511@mail.ru))

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»