

ӨОЖ 504.064.2

ФТАХР 87.03.17

DOI: [10.54859/kjogi109017](https://doi.org/10.54859/kjogi109017)

Қабылданды: 18.06.2026.

Мақұлданды: 08.09.2026.

Жарияланды: 30.09.2026.

## Түпнұсқа зерттеу

# Мұнай-газ өндіру кәсіпорындарының өндірістік алаңдарында ластаушы заттардың таралуын модельдеу ерекшеліктері

М.Ж. Сәлімгереев, Э.К. Идрисова, М.Б. Басенова

ҚМГ Инжиниринг, Астана қаласы, Қазақстан

## АННОТАЦИЯ

**Негіздеу.** Мұнай-газ өндіру кәсіпорындарының өндірістік объектілері атмосфералық ауаға елеулі техногендік жүктеме түсіретін күрделі өндірістік жүйелер болып табылады. Өндірістік алаңдарда ұйымдастырылған және ұйымдастырылмаған шығарындылар көздерінің бір мезгілде болуы, технологиялық инфрақұрылымның жоғары тығыздығы және қолайсыз метеорологиялық жағдайлар ластаушы заттардың таралу процестерін күрделендіреді. Осыған байланысты атмосфералық ауаның ластану деңгейін болжау үшін математикалық модельдеу әдістерін қолдану ерекше маңызға ие.

**Мақсаты.** Зерттеудің мақсаты – мұнай-газ өндіру кәсіпорындарының өндірістік алаңдарында ластаушы заттардың таралуын модельдеу ерекшеліктерін талдау, есептеулердің дәлдігіне әсер ететін негізгі факторларды анықтау және рұқсат етілетін шығарындылар нормативтері жобалары мен «ЭРА-Ауа» бағдарламалық кешенінде орындалған верификациялық есептеулер нәтижелерінің сәйкестігін бағалау.

**Материалдар мен әдістер.** Зерттеу барысында №1 және №2 кәсіпорындарының өндірістік объектілері бойынша рұқсат етілетін шығарындылар нормативтері жобаларының материалдары, атмосфералық ауаға таралу есептеулері және ЭРА бағдарламалық кешенінде орындалған верификациялық модельдеу нәтижелері пайдаланылды. Негізгі зерттеу әдістері ретінде салыстырмалы талдау, математикалық модельдеу, кеңістіктік интерпретация және таралу карталарын сараптамалық бағалау қолданылды.

**Нәтижелері.** Зерттеу нәтижелері мұнай-газ өндіру кәсіпорындарында ұйымдастырылған шығарындылар көздері жиынтық шығарындылардың 60–70%-ын қалыптастыратынын, ал ұйымдастырылмаған шығарындылар көздердің үлесі 20–30%-ға дейін жететінін көрсетті. Сонымен қатар, ұйымдастырылмаған шығарындылар көздердің төмен көрсеткіштері жерүсті концентрацияларын қалыптастыруда жоғары әсерге ие екені анықталды. Ең жоғары концентрациялар азот диоксиді, күкіртсутек, күйе және бенз(а)пирен бойынша байқалды. Модельдеу нәтижелері метеорологиялық факторлардың, әсіресе жел жылдамдығы мен атмосфераның температуралық тұрақтылығының шешуші рөл атқаратынын көрсетті. Верификациялық есептеулер есептік және жобалық концентрация өрістерінің жалпы алғанда қанағаттанарлық сәйкестігін растады.

**Қорытынды.** Ластаушы заттардың таралуын модельдеу мұнай-газ өндіру кәсіпорындарының атмосфералық ауаға әсерін бағалаудың тиімді құралы болып табылады. Ұйымдастырылған және ұйымдастырылмаған шығарындылар көздерін, технологиялық құрылыстың тығыздығын және метеорологиялық жағдайларды кешенді есепке алу модельдеу нәтижелерінің сенімділігін арттырады. Алынған нәтижелер санитариялық-қорғау аймақтарын негіздеу, табиғатты қорғау іс-шараларын әзірлеу және өндірістік экологиялық бақылауды жетілдіру кезінде қолданылуы мүмкін.

**Негізгі сөздер:** атмосфералық ауа, таралуды модельдеу, мұнай-газ өндіру, ЭРА бағдарламалық кешені, РШН, ұйымдастырылмаған шығарындылар, экологиялық қауіпсіздік, жерүсті концентрациялары.

## Дәйексөз келтіру үшін:

Сәлімгереев М.Ж., Идрисова Э.К., Басенова М.Б. Мұнай-газ өндіру кәсіпорындарының өндірістік алаңдарында ластаушы заттардың таралуын модельдеу ерекшеліктері // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. 2026. Том 8, №3. С. 129–140. DOI: [10.54859/kjogi109017](https://doi.org/10.54859/kjogi109017).

УДК 504.064.2  
МРНТИ 87.03.17

DOI: [10.54859/kjogi109017](https://doi.org/10.54859/kjogi109017)

Получена: 18.06.2026.  
Одобрена: 08.09.2026.  
Опубликована: 30.09.2026.

## Оригинальное исследование

# Особенности моделирования рассеивания загрязняющих веществ на производственных площадках нефтегазодобывающих предприятий

М.Ж. Салимгереев, Э.К. Идрисова, М.Б. Басенова

КМГ Инжиниринг, г. Астана, Казахстан

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Нефтегазодобывающие предприятия представляют собой сложные производственные системы, оказывающие значительное техногенное воздействие на атмосферный воздух. Одновременное присутствие организованных и неорганизованных источников выбросов, высокая плотность технологической инфраструктуры и неблагоприятные метеорологические условия существенно усложняют процессы рассеивания загрязняющих веществ. В связи с этим применение методов математического моделирования приобретает особую актуальность для прогнозирования уровня загрязнения атмосферного воздуха и оценки воздействия производственных объектов на окружающую среду.

**Цель.** Анализ особенностей моделирования рассеивания загрязняющих веществ на производственных площадках нефтегазодобывающих предприятий, выявление основных факторов, влияющих на точность расчётов, а также оценка соответствия результатов проектов нормативов допустимых выбросов и верификационных расчётов, выполненных с использованием программного комплекса «ЭРА-Воздух».

**Материалы и методы.** В ходе исследования были использованы материалы проектов нормативов допустимых выбросов (нормативы допустимых выбросов / предельно допустимые выбросы) по производственным объектам предприятий №1 и №2, расчёты рассеивания в атмосферном воздухе, а также результаты верификационного моделирования, выполненного в программном комплексе «ЭРА». В качестве основных методов исследования применялись сравнительный анализ, математическое моделирование, пространственная интерпретация и экспертная оценка карт рассеивания.

**Результаты.** Результаты исследования показали, что на нефтегазодобывающих предприятиях организованные источники формируют 60–70% совокупных выбросов, в то время как доля неорганизованных источников достигает 20–30%. При этом установлено, что низкие неорганизованные источники оказывают более значительное влияние на формирование приземных концентраций. Наиболее высокие уровни концентраций зафиксированы по диоксиду азота, сероводороду, саже и бенз(а)пирену. Результаты моделирования продемонстрировали, что решающую роль играют метеорологические факторы, особенно скорость ветра и температурная стратификация (устойчивость) атмосферы. Верификационные расчёты подтвердили в целом удовлетворительное совпадение расчётных и проектных полей концентраций.

**Заключение.** Моделирование рассеивания загрязняющих веществ является эффективным инструментом оценки воздействия нефтегазодобывающих предприятий на атмосферный воздух. Комплексный учёт организованных и неорганизованных источников выбросов, плотности технологической застройки и метеорологических условий повышает достоверность результатов моделирования. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании санитарно-защитных зон, разработке природоохранных мероприятий и совершенствовании производственного экологического контроля.

**Ключевые слова:** атмосферный воздух, моделирование рассеивания, нефтегазодобыча, программный комплекс «ЭРА», нормативы допустимых выбросов, предельно допустимые выбросы, неорганизованные выбросы, экологическая безопасность, приземные концентрации.

## Как цитировать:

Салимгереев М.Ж., Идрисова Э.К., Басенова М.Б. Особенности моделирования рассеивания загрязняющих веществ на производственных площадках нефтегазодобывающих предприятий // Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана. 2026. Том 8, №3. С. 129–140. DOI: [10.54859/kjogi109017](https://doi.org/10.54859/kjogi109017).

UDC 504.064.2  
CSCSTI 87.03.17

DOI: [10.54859/kjogi109017](https://doi.org/10.54859/kjogi109017)

Received: 18.06.2026.

Accepted: 08.09.2026.

Published: 30.09.2026.

## Original article

# Specific Features of Air Pollutant Dispersion Modeling at Oil and Gas Production Facilities

Malik Zh. Salimgereyev, Elmira K. Idrissova, Marzhan B. Bassenova

KMG Engineering, Astana, Kazakhstan

## ABSTRACT

**Background:** Oil and gas production facilities represent complex industrial systems that exert a significant anthropogenic impact on ambient air quality. The simultaneous presence of organized and fugitive emission sources, high density of technological infrastructure, and adverse meteorological conditions considerably complicate the processes of air pollutant dispersion. Therefore, the application of mathematical modeling techniques is of particular importance for predicting ambient air pollution levels and assessing the environmental impacts of industrial facilities.

**Aim:** The study aimed to analyze the specific features of air pollutant dispersion modeling at oil and gas production facilities, identify the key factors affecting calculation accuracy, and assess the consistency between the results obtained from Maximum Permissible Emission (MPE) projects and verification calculations performed using the ERA-Air software package.

**Materials and methods:** The study utilized data from Maximum Permissible Emission (MPE) projects, atmospheric dispersion calculations, and verification modeling results obtained using the ERA software package for production facilities of Enterprises No. 1 and No. 2. The principal research methods included comparative analysis, mathematical modeling, spatial interpretation, and expert assessment of pollutant dispersion maps.

**Results:** The findings indicate that organized emission sources account for 60–70% of total emissions at oil and gas production facilities, while the contribution of fugitive sources may reach 20–30%. At the same time, low-level fugitive emission sources were found to have a substantial influence on the formation of ground-level pollutant concentrations. The highest concentrations were observed for nitrogen dioxide, hydrogen sulfide, soot, and benzo(a)pyrene. The modeling results demonstrated the decisive role of meteorological factors, particularly wind speed and atmospheric stability conditions, in determining pollutant dispersion patterns. The verification calculations confirmed a generally satisfactory agreement between the calculated and project-based concentration fields.

**Conclusion:** Air pollutant dispersion modeling is an effective tool for assessing the impact of oil and gas production facilities on ambient air quality. A comprehensive consideration of organized and fugitive emission sources, technological infrastructure density, and meteorological conditions significantly improves the reliability of modeling results. The obtained findings can be applied to support the establishment of sanitary protection zones, develop environmental protection measures, and enhance industrial environmental monitoring.

**Keywords:** *ambient air; dispersion modeling; oil and gas production; ERA software package; permissible emission standards; maximum permissible emissions (MPE); fugitive emissions; environmental safety; ground level concentrations.*

## To cite this article:

Salimgereyev MZ, Idrissova EK, Bassenova MB. Specific Features of Air Pollutant Dispersion Modeling at Oil and Gas Production Facilities. *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. 2026;8(3):129–140. DOI: [10.54859/kjogi109017](https://doi.org/10.54859/kjogi109017).

### Кіріспе

Мұнай-газ өндіру өнеркәсібі қоршаған ортаға әсер ету деңгейі бойынша жоғары стратегиялық салалардың бірі. Өндірістік объектілерді пайдалану барысында атмосфералық ауаға көмірсутектер, азот оксидтері, күкіртсутек, күйе, ұшпа органикалық қосылыстар және басқа да ластаушы заттар бөлінеді. Бұл заттардың таралу сипаты шығарындылар көздерінің түріне, өндірістік процестердің технологиялық ерекшеліктеріне, метеорологиялық жағдайларға және өндірістік алаңдардың кеңістіктік ұйымдастырылуына тәуелді.

Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексіне<sup>1</sup> сәйкес атмосфералық ауаға әсерді бағалау және рұқсат етілетін шығарындылар нормативтерін негіздеу үшін ластаушы заттардың таралуын есептеу міндетті түрде жүргізіледі<sup>2</sup>. Қазіргі уақытта мұндай есептеулерді жүргізудің негізгі құралдарының бірі – ЭРА-АУА бағдарламалық кешені. Бұл кешен атмосфераның жерүсті қабатындағы концентрациялардың кеңістіктік таралуын модельдеуге және санитариялық-қорғау аймақтарын ғылыми негіздеуге мүмкіндік береді<sup>3</sup> [1].

Мұнай-газ өндіру кәсіпорындарының ерекшелігі ұйымдастырылған, ұйымдастырылмаған және авариялық шығарындылар көздерінің қатар болуымен сипатталады. Ұйымдастырылған көздерге алау қондырғылары, түтін мұржалары және компрессорлық жүйелер жатса, ұйымдастырылмаған көздерге резервуарлардан булану, фланецтік қосылыстардағы ағып кетулер және технологиялық алаңдар жатады. Осындай әртүрлі көздердің болуы таралу модельдеуінің күрделілігін арттырады.

Тәжірибеде рұқсат етілген шығарындылар нормативінің жобаларын әзірлеу және верификациялық есептеулер жүргізу кезінде негізгі қиындық шығарындылар көздерінің параметрлерін дұрыс есепке алуға, сондай-ақ модельдеу үшін бастапқы деректердің сенімділігін қамтамасыз етуге байланысты. Талдау нәтижелері ластаушы заттар көздерінің кеңістікте орналасуы, технологиялық процестердің ерекшеліктері және ластаушы заттардың сипаттамалары таралу есептеулерінің нәтижелеріне елеулі ықпал ететінін көрсетті.

Мұнай-газ өндіру объектілерінде ластаушы заттардың таралуын модельдеу ерекшеліктерін бағалау мақсатында №1 және №2 Кәсіпорын объектілері бойынша рұқсат етілген шығарын-

дылар норматив жобаларының нәтижелері мен ЭРА бағдарламалық кешенін пайдалану арқылы орындалған верификациялық есептеулер деректері талданды.

### Материалдар мен әдістер

Зерттеу барысында №1 және №2 кәсіпорындарының өндірістік объектілері бойынша рұқсат етілген шығарындылар норматив жобаларының материалдары және ЭРА бағдарламалық кешенінде орындалған верификациялық есептеулер пайдаланылды. Талдау шеңберінде шығарындылар көздерінің параметрлері, ластаушы заттардың құрамы, метеорологиялық деректер және концентрациялардың таралу карталары қарастырылды.

Таралу есептеулері ОНД-86 әдістемесіне сәйкес орындалды. Модельдеу барысында желдің жылдамдығы мен бағыты, атмосфера тұрақтылығының санаттары, рельеф ерекшеліктері және өндірістік құрылыстың тығыздығы ескерілді. Аталған факторлар ластаушы заттардың шлейфінің көтерілуіне, көлденең және тік бағытта таралуына және жерүсті концентрацияларының қалыптасуына тікелей әсер етеді. Қазіргі дисперсиялық модельдеу тәжірибесінде, оның ішінде АҚШ Қоршаған ортаны қорғау агенттігінің (EPA) AERMOD моделінде, атмосфераның шекаралық қабатындағы турбуленттік процестер, шығарындылар көздерінің биіктігі мен параметрлері, рельеф және ғимараттардың әсері кешенді түрде қарастырылады [2].

Ұйымдастырылмаған шығарындылар көздерін модельдеу кезінде аудандық және көлемдік түрінде аппроксимациялау қолданылды. Верификациялық талдау барысында максималды концентрациялар аймақтарының орналасуы, изосызықтардың конфигурациясы және 1 шекті рұқсат етілген концентрациядан асатын аймақтардың шекаралары салыстырылды (1-кесте). 1-кестеде қалалық және ауылдық елді мекендердің атмосфералық ауасындағы ластаушы заттардың шекті рұқсат етілген концентрациялары Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2022 жылғы 2 тамыздағы № ҚР ДСМ-70<sup>4</sup> бұйрығымен бекітілген гигиеналық нормативтерге сәйкес келтірілген. Аталған нормативтер атмосфералық ауа сапасын бағалаудың негізгі санитариялық-гигиеналық критерийлері болып табылады және модельдеу нәтижелерін экологиялық тәуекел деңгейі бойынша интерпретациялауға мүмкіндік береді.

<sup>1</sup> Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі (2021 жылғы 2 қаңтардағы №400-VI ҚРЗ).

<sup>2</sup> Қазақстан Республикасы Экология, геология және табиғи ресурстар министрінің «Қоршаған ортаға эмиссиялар нормативтерін айқындау әдістемесін бекіту туралы» №63 бұйрығы.

<sup>3</sup> «Адамның тіршілік ету ортасы мен денсаулығына әсер ететін объектілердің санитариялық-қорғау аймақтарына қойылатын санитариялық-эпидемиологиялық талаптар» санитариялық қағидаларын бекіту туралы: Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2022 жылғы 11 қаңтардағы № ҚР ДСМ-2 бұйрығы.

<sup>4</sup> Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2022 жылғы 2 тамыздағы № ҚР ДСМ-70 бұйрығы. «Қалалық және ауылдық елді мекендердегі, өнеркәсіптік ұйымдар аумақтарындағы атмосфералық ауаның гигиеналық нормативтерін бекіту туралы» Астана, 2022.

### Нәтижелер және талқылау

Зерттеу шеңберінде №1 Кәсіпорны<sup>5</sup> және №2 Кәсіпорны<sup>6</sup> объектілері бойынша шығарындылар көздерінің құрылымы мен ластаушы заттардың таралуын модельдеу нәтижелеріне талдау жүргізілді. Мұнай-газ өндіру кәсіпорындарындағы шығарындылар құрылымы технологиялық процестердің әртүрлілігіне байланысты күрделі сипатқа ие және әртүрлі қуаттағы ұй-

ымдастырылған, ұйымдастырылмаған және авариялық шығарындылар көздерінің жиынтығынан қалыптасады. Ластаушы заттардың жерүсті концентрацияларының қалыптасуына ұйымдастырылған және ұйымдастырылмаған шығарындылар көздері, технологиялық құрылыстың тығыздығы, метеорологиялық жағдайлар параметрлері және шығарындылар көздерінің кеңістікте орналасуы негізгі әсер етеді [3].

### Кесте 1. Қалалық және ауылдық елді мекендердің атмосфералық ауасындағы лаस्ताушы заттардың шекті рұқсат етілген концентрациясы

Table 1. Maximum Permissible Concentrations of Pollutants in the Ambient Air of Urban and Rural Areas

| ЛЗ коды<br>Pollutant<br>Code | ЛЗ атауы<br>Name of Pollutant                                                                                                                                                  | ШРК м/б, мг/м³<br>MPC, maximum<br>one-time, mg/m³ | ШРК о/т, мг/м³<br>MPC, average<br>daily, mg/m³ | БҚӨЕД,<br>мг/м³<br>TSEL,<br>mg/m³ | Қайыртылық<br>классы<br>Hazard<br>Class |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| 0123                         | Темір (II, III) оксидтері (темірге шаққанда) (диТемір триоксиді, темір оксиді)<br>Iron (II, III) oxides (expressed as iron) (diiron trioxide, iron oxide)                      | -                                                 | 0,04                                           | -                                 | 3                                       |
| 0143                         | Марганец және оның қосылыстары (марганец (IV) оксидіне шаққанда)<br>Manganese and its compounds (expressed as manganese (IV) oxide)                                            | 0,01                                              | 0,001                                          | -                                 | 2                                       |
| 0150                         | Натрий гидроксиді (күйдіргіш натрий, каустикалық сода)<br>Sodium hydroxide (caustic soda, sodium hydroxide)                                                                    | -                                                 | -                                              | 0,01                              | -                                       |
| 0152                         | Натрий хлориді (ас тұзы)<br>Sodium chloride (common salt)                                                                                                                      | 0,5                                               | 0,15                                           | -                                 | 3                                       |
| 0214                         | Кальций дигидрооксиді (Сөндірілген әк, үлпілдек әк)<br>Calcium dihydroxide (slaked lime, hydrated lime)                                                                        | 0,03                                              | 0,01                                           | -                                 | 3                                       |
| 0301                         | Азот (IV) диоксиді (Азот диоксиді)<br>Nitrogen dioxide (nitrogen (IV) oxide)                                                                                                   | 0,2                                               | 0,04                                           | -                                 | 2                                       |
| 0304                         | Азот (II) оксиді (Азот оксиді)<br>Nitrogen monoxide (nitrogen (II) oxide, nitric oxide)                                                                                        | 0,4                                               | 0,06                                           | -                                 | 3                                       |
| 0328                         | Көміртек (күйе, қара көміртек)<br>Carbon (soot, carbon black)                                                                                                                  | 0,15                                              | 0,05                                           | -                                 | 3                                       |
| 0330                         | Күкірт диоксиді (күкіртті ангидрид, күкіртті газ, күкірт (IV) оксиді)<br>Sulfur dioxide (sulfurous anhydride, sulfur (IV) oxide)                                               | 0,5                                               | 0,05                                           | -                                 | 3                                       |
| 0333                         | Күкіртсутек (дигидросульфид)<br>Hydrogen sulfide (dihydrogen sulfide)                                                                                                          | 0,008                                             | -                                              | -                                 | 2                                       |
| 0337                         | Көміртек оксиді (көміртек тотығы, иіс газы)<br>Carbon monoxide (carbon oxide, carbon monoxide)                                                                                 | 5,0                                               | 3,0                                            | -                                 | 4                                       |
| 0342                         | Фтордың газ тәрізді қосылыстары (фторға шаққанда):<br>Gaseous fluorine compounds (expressed as fluorine)                                                                       | 0,02                                              | 0,005                                          | -                                 | 2                                       |
| 0344                         | Нашар еритін бейорганикалық фторидтер (алюминий фториді, кальций фториді, натрий гексафторалюминаты) (фторға шаққандағы)<br>Gaseous fluorine compounds (expressed as fluorine) | 0,2                                               | 0,03                                           | -                                 | 2                                       |
| 0410                         | Метан<br>Methane                                                                                                                                                               | -                                                 | -                                              | 50                                | -                                       |
| 0415                         | Шекті сутекпентектер қоспасы C <sub>1</sub> –C <sub>5</sub><br>Mixture of saturated hydrocarbons C <sub>1</sub> –C <sub>5</sub>                                                | -                                                 | -                                              | 50                                | -                                       |
| 0416                         | Шекті сутекпентектер қоспасы C <sub>6</sub> –C <sub>10</sub><br>Mixture of saturated hydrocarbons C <sub>6</sub> –C <sub>10</sub>                                              | -                                                 | -                                              | 30                                | -                                       |
| 0501                         | Пентилендер (амилендер – изомерлер қоспасы)<br>Pentylenes (amylenes – mixture of isomers)                                                                                      | 1,5                                               | -                                              | -                                 | 4                                       |
| 0521                         | Пропен (Пропилен)<br>Propene (propylene)                                                                                                                                       | 3,0                                               | -                                              | -                                 | 3                                       |
| 0602                         | Бензол<br>Benzene                                                                                                                                                              | 0,3                                               | 0,1                                            | -                                 | 2                                       |
| 0616                         | Диметилбензол (о-, м-, п- изомерлер қоспасы)<br>Dimethylbenzene (mixture of o-, m-, and p-isomers)                                                                             | 0,2                                               | -                                              | -                                 | 3                                       |
| 0621                         | Метилбензол<br>Methylbenzene (toluene)                                                                                                                                         | 0,6                                               | -                                              | -                                 | 3                                       |
| 0627                         | Этилбензол<br>Ethylbenzene                                                                                                                                                     | 0,02                                              | -                                              | -                                 | 3                                       |

<sup>5</sup> №1 Кәсіпорынның РШН жобалары деректері бойынша лаस्ताушы заттардың таралуын верификациялау және модельдеу жөніндегі есеп. «ҚМГ Инжиниринг» ЖШС, 2025.

<sup>6</sup> №2 Кәсіпорынның РШН жобалары деректері бойынша лаस्ताушы заттардың таралуын верификациялау және модельдеу жөніндегі есеп. «ҚМГ Инжиниринг» ЖШС, 2026.

| ЛЗ коды<br>Pollutant<br>Code | ЛЗ атауы<br>Name of Pollutant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ШПК м/б, мг/м³<br>MPC, maximum<br>one-time, mg/m³ | ШПК о/т, мг/м³<br>MPC, average<br>daily, mg/m³ | БҚӨЕД,<br>мг/м³<br>TSEL,<br>mg/m³ | Қайыптілік<br>классы<br>Hazard<br>Class |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| 1071                         | Фенол<br>Phenol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0,01                                              | 0,003                                          | -                                 | 2                                       |
| 1107                         | 2-Метил-2-метоксипропан (Метил-үштік-бутил эфирі)<br>2-Methyl-2-methoxypropane (methyl tert-butyl ether, MTBE)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0,5                                               | -                                              | -                                 | 4                                       |
| 1716                         | Табиғи меркаптандар қоспасы (этилмеркаптанға шаққанда) (СПМ<br>одоранты – ТШ 51-81-88)<br>Mixture of natural mercaptans (expressed as ethyl mercaptan) (SPM<br>odorant – TU 51-81-88)                                                                                                                                                                                                                                         | 0,00005                                           | -                                              | -                                 | 3                                       |
| 1847                         | (Метиламино) бензол (Монометиланилин, N-Метиланилин)<br>(Methylamino)benzene (monomethylaniline, N-methylaniline)                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0,04                                              | -                                              | -                                 | 3                                       |
| 1880                         | Ди(2-гидроксиэтил) амин (Диэтаноламин)<br>Di(2-hydroxyethyl)amine (diethanolamine)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,05                                              | -                                              | -                                 | -                                       |
| 2735                         | Мұнайлы минералды май (ұршықтық, машиналық, цилиндрлік және<br>т.б.<br>Petroleum mineral oil (spindle oil, machine oil, cylinder oil, etc.)                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -                                                 | -                                              | 0,05                              | -                                       |
| 2752                         | Уайт-спирит<br>White spirit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -                                                 | -                                              | 1                                 | -                                       |
| 2754                         | Алкандар C <sub>12</sub> –C <sub>19</sub> (Шекті сутекпентектер C <sub>12</sub> –C <sub>19</sub> (C-ға шаққанда);<br>РПК-265П еріткіші)<br>Alkanes C <sub>12</sub> –C <sub>19</sub> (saturated hydrocarbons C <sub>12</sub> –C <sub>19</sub> (expressed as carbon);<br>RPK-265P solvent)                                                                                                                                      | 1,0                                               | -                                              | -                                 | 4                                       |
| 2902                         | Қалқымалы бөлшектер<br>Suspended particulate matter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0,5                                               | 0,15                                           | -                                 | 3                                       |
| 2908                         | Құрамында кремний диоксиді 70–20% болатын бейорганикалық шаң<br>(шамот, цемент, цемент өндірісінің шаңы – саз, сазды тақтатас, домна<br>шлағы, құм, клинкер, кремнезем күлі, Қазақстан кен орындарындағы<br>көмір күлі)<br>Inorganic dust containing silicon dioxide (%): 70–20 (fireclay, cement<br>production dust – clay, clay shale, blast furnace slag, sand, clinker, silica<br>ash, coal ash from Kazakhstan deposits) | 0,3                                               | 0,1                                            | -                                 | 3                                       |
| 2909                         | Құрамында кремний диоксиді 20%-дан аз болатын бейорганикалық<br>шаң (доломит, цемент өндірісінің шаңы – әктас, бор, күйінді, шикізат<br>қоспасы, айналмалы пештердің шаңы, боксит)<br>Inorganic dust containing silicon dioxide (%): less than 20 (dolomite,<br>cement production dust – limestone, chalk, cinders, raw mix, rotary kiln<br>dust, bauxite)                                                                    | 0,5                                               | 0,15                                           | -                                 | 3                                       |
| 2930                         | Абразивті шаң (ақ корунд, Монокорунд)<br>Abrasive dust (white corundum, monocorundum)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -                                                 | -                                              | 0,04                              | -                                       |

Ұйымдастырылған шығарындылар көздеріне алау қондырғылары, қазандықтардың түтін мұржалары, газ айдау агрегаттары, компрессорлық жабдықтар және мұнай мен газды дайындау технологиялық қондырғыларының желдеткіш шығарындылары жатады.

Ұйымдастырылған шығарындылар көздерінің биіктігі, саға диаметрі, газ-ауа қоспасының температурасы мен шығу жылдамдығы сияқты нақты геометриялық және аэродинамикалық параметрлермен сипатталады. Бұл параметрлер таралуды модельдеудің стандартты есептік схемаларын қолдануға мүмкіндік береді [4].

Верификациялық есептеулер нәтижелері бойынша №1<sup>7</sup> және №2<sup>8</sup> Кәсіпорын объектілерінде ұйымдастырылған көздер ластаушы заттардың жиынтық шығарындыларының негізгі үлесін қалыптастырып, жалпы көлемнің 60–70%-ына дейін жететіні анықталды. Бұл ретте ең үлкен әсерді алау жүйелері көрсетеді.

Алау қондырғылары шығарындылардың жоғары температурасымен және газдың жоғары шығу жылдамдығымен сипатталады, бұл көтерілмелі алаудың қалыптасуына және көзге жақын

аумақта жерүсті концентрацияларының төмендеуіне ықпал етеді. Алайда қолайсыз метеорологиялық жағдайларда ластаушы заттар біраз алыс қашықтыққа таралуы мүмкін.

Ұйымдастырылған көздер бойынша таралу есептеулері ОНД-86 әдістемесі [1] мен ЭРА бағдарламалық кешенін пайдалану арқылы, шығарындылар көздерінің параметрлері мен объектілер орналасқан ауданның метеорологиялық сипаттамаларын ескере отырып орындалды.

Ұйымдастырылмаған шығарындылар көздеріне резервуарлардың тыныс алу клапандары, ашық беттерден булану, фланецтік қосылыстар арқылы болатын ластаушы заттардың ұшып кетуі, сорғы жабдықтары, технологиялық алаңдар және құю эстакадалары жатады.

Ұйымдастырылмаған көздерді есепке алудың негізгі қиындығы нақты геометриялық параметрлердің болмауына және шығарындылардың уақыт бойынша жоғары өзгергіштігіне байланысты. Таралу есептеулерінде мұндай көздер аудандық немесе көлемдік көздер түрінде аппроксимацияланады.

<sup>7</sup> №1 Кәсіпорынның рұқсат етілетін шығарындылар нормативтері жобасы. 2024.  
<sup>8</sup> №2 Кәсіпорынның рұқсат етілетін шығарындылар нормативтері жобасы. 2024.

№1 және №2 Кәсіпорын деректерін талдау ұйымдастырылмаған көздердің жиынтық үлесі жалпы шығарындылар көлемінің 20–30%-ына дейін жетуі мүмкін екенін көрсетті. Сонымен қатар, шығарындылар көздерінің биіктігінің төмендігі, бастапқы алау көтерілуінің болмауы, жұмыс аймағына жақын орналасуы және жабдықтардың тығыз орналасуы салдарынан олардың жерүсті концентрацияларын қалыптастырудағы әсері көбінесе ұйымдастырылған көздерден де жоғары болады.

Ұйымдастырылмаған көздерді модельдеу кезіндегі ерекше қиындықтар аспаптық деректердің жеткіліксіздігімен және шығарындылар параметрлерінің анық емес болуына байланысты.

Таралуды модельдеу нәтижелерінің сенімділігі бастапқы шығарындылар деректерінің сапасына және олардың уақыттық өзгергіштігін дұрыс сипаттауға тікелей байланысты. Әсіресе ұйымдастырылмаған шығарындылар үшін нақты эмиссия жылдамдығын, көздің тиімді геометриялық параметрлерін және жұмыс режимдерін анықтау жоғары белгісіздікпен сипатталуы мүмкін. Сондықтан модельдеу нәтижелерін интерпретациялау кезінде бастапқы деректердің белгісіздігін және олардың есептік концентрацияларға ықтимал әсерін ескеру қажет [5].

Авариялық шығарындылар – құбырлар мен технологиялық жабдықтардың герметизациясы бұзылғанда, жабдық істен шыққанда немесе технологиялық режимдерде ауытқулар орын алған жағдайларда туындайтын қысқа мерзімді, бірақ қарқынды шығарындылар.

Мұнай-газ өндіру объектілері үшін ең қауіптісі – жоғары уыттылығымен және атмосфераның жерүсті қабатында тез таралу қабілетімен ерекшеленетін күкіртсутек пен жеңіл көмірсутектердің шығарындылары.

Авариялық шығарындыларды модельдеу уақыт бойынша шығарындылар параметрлерінің өзгеруін, метеорологиялық жағдайлар динамикасын, газдардың тығыздық стратификациясын және жоғары концентрациялы жергілікті аймақтардың қалыптасуын ескеретін стационарлық емес модельдерді қолдануды талап етеді.

Авариялық шығарындыларды есептеу нәтижелері персонал мен халық үшін тәуекелдерді бағалау кезінде, сондай-ақ авариялық жағдайларды жою жоспарларын әзірлеуде пайдаланылады.

Мұнай-газ өндіру кәсіпорындары үшін көмірсутекті шикізатты өндіру, дайындау, сақтау және жағу процестері кезінде қалыптасатын ластаушы заттар шығарындыларының күрделі құрамы тән. Негізгі ластаушы заттарға азот оксидтері, күкірт диоксиді, күкіртсутек, көміртек оксиді, ұшпа органикалық қосылыстар, әртүрлі фракциядағы көмірсутектер, метан және қалқыма заттар жатады. Шығарындылардың едәуір бөлігі технологиялық жабдықтарды, алау жүйелерін, резервуарларды пайдалану және отынды жағу процестерімен байланысты.

Таралу модельдеуі мен верификациялық есептеулер нәтижелерін талдау азот диоксиді ( $\text{NO}_2$ ), күйе, күкіртсутек ( $\text{H}_2\text{S}$ ) және бенз(а)пирен үшін ең жоғары жерүсті концентрациялары қалыптасатынын көрсетті. Азот диоксидінің максималды есептік концентрациялары шекті рұқсат етілген концентрацияның  $8352 > 10000$  үлесіне дейін, күйе бойынша –  $2171\text{--}3040$  шекті рұқсат етілген концентрация үлесіне дейін, бенз(а)пирен бойынша –  $779\text{--}1046$  шекті рұқсат етілген концентрация үлесіне дейін, ал күкіртсутек бойынша –  $545\text{--}637$  шекті рұқсат етілген концентрация үлесіне дейін жетеді. Алынған нәтижелер отынды жағу процестерінің, алау жүйелерінің жұмысының және көмірсутекті шикізат айналымының атмосфералық ауаның ластануын қалыптастыруға елеулі әсер ететінін көрсетеді.

№1 Кәсіпорын бойынша жүргізілген салыстырмалы талдау ластаушы заттардың басым бөлігі үшін жоғары концентрациялар №3 өндірістік алаңға тән екенін көрсетті, бұл шығарындылар көздерінің тығыздығының жоғары болуымен және технологиялық процестердің неғұрлым қарқынды жүруімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, азот диоксиді, күкіртсутек, формальдегид және бензол сияқты заттар жоғары уыттылығы мен салыстырмалы түрде төмен шығарындылар көлемінде де елеулі әсер ету аймақтарын қалыптастыру қабілетіне байланысты ең жоғары экологиялық тәуекел тудырады. Ал жеңіл фракциялы көмірсутектер ( $\text{C}_1\text{--C}_{10}$ ) №2 өндірістік алаңда жоғары концентрациялармен сипатталса, ауыр көмірсутектер мен отынның толық жанбау өнімдері №3 өндірістік алаңда басым байқалады.

### Таралу процестеріне әсер ететін факторлар

№1 және №2 Кәсіпорын объектілері бойынша ластаушы заттардың таралуын модельдеу нәтижелерін талдау жерүсті концентрацияларының қалыптасуына ең алдымен метеорологиялық жағдайлар, әсіресе жел жылдамдығы мен атмосфераның температуралық тұрақтылығы шешуші әсер ететінін көрсетті. Атмосфералық диффузия теориясына сәйкес, желдің жылдамдығы, атмосфераның тұрақтылық дәрежесі және турбуленттік араласу ластаушы заттар шлейфінің көлденең және тік бағыттағы таралуын айқындайтын негізгі факторлар [6, 7]. Жел жылдамдығы  $1\text{--}2$  м/с-тан төмен болған жағдайда ауа массаларының араласу қарқындылығы төмендеп, атмосфераның жерүсті қабатында ластаушы заттардың жиналуы байқалады. Ең қолайсыз жағдайлар температуралық инверсия кезінде қалыптасады, бұл кезде тік араласу шектеліп, өндірістік алаңдар маңында ластаушы заттар концентрациясының жергілікті жоғарылауы орын алады.

Таралу есептеулерінің салыстырмалы талдауы концентрациялардың кеңістікте таралуына технологиялық құрылыстың тығыздығы елеулі әсер ететінін көрсетті. Атмосфералық таралуды бағалау кезінде шығарындылар көзінің геометрия-

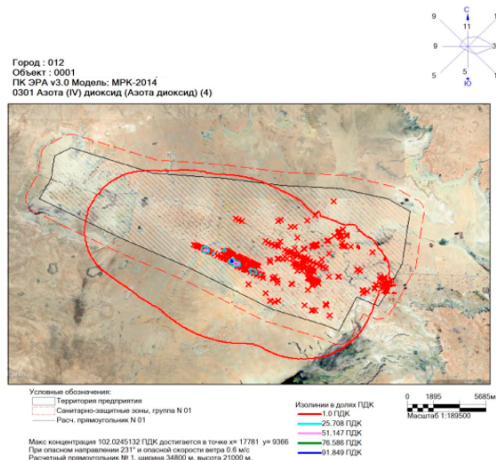
ялық параметрлері, желдің бағыты мен жылдамдығы, атмосфераның тұрақтылығы, сондай-ақ жер бедері мен ғимараттардың әсері есептік концентрациялардың кеңістіктік таралуына ықпал етеді [8]. Резервуарлық парктер, құбыржолдар және технологиялық жабдықтар шоғырланған учаскелерде турбуленттілік пен ауа ағындарының рециркуляция аймақтары қалыптасып, бұл ластаушы заттардың біркелкі емес таралуына алып келеді. Ғимараттар мен технологиялық құрылыстардың аэродинамикалық әсері шығарындылар шлейфінің төмен қарай ығысуына және жерүсті концентрацияларының жергілікті өсуіне әкелуі мүмкін. Бұл құбылыс модельдеу әдебиетінде building downwash ретінде қарастырылады және әсіресе төмен және орташа биіктіктегі шығарындылар көздері үшін маңызды [9]. Шығарындылар көздері неғұрлым тығыз орналасқан №2 Кәсіпорын үшін №1 Кәсіпорынмен салыстырғанда жоғары концентрациялардың анағұрлым ауқымды аймақтарының қалыптасуы байқалды.

Шығарындылар көздерінің параметрлері де ластаушы заттардың таралу сипатына айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Қазіргі заманғы атмосфералық дисперсия модельдерінде шығарындылар көзінің биіктігі, диаметрі, шығу жылдамдығы мен температурасы, сондай-ақ қоршаған ортаның метеорологиялық параметрлері есептік концентрацияларды анықтайтын негізгі бастапқы деректердің қатарына жатады [10]. Алау қондырғылары мен түтін мұржаларын қоса алғанда, биік ұйымдастырылған көздер ластаушы заттардың атмосфераның жоғарғы қабаттарына көтерілуін қамтамасыз етіп, көздер маңындағы концентрациялардың төмендеуіне ықпал етеді. Ал ұйымдастырылмаған және төмен көздер атмосфераның жерүсті қабатына және өндірістік объектілердің жұмыс аймақтарына неғұрлым күшті әсер етеді. Жүргізілген талдау таралуды модельдеу кезінде ең жоғары анықталмағандықты дәл ұйымдастырылмаған көздер қалыптастыратынын көрсетті, өйткені олардың параметрлері жоғары өзгергіштікпен және бастапқы деректердің шектеулілігімен сипатталады.

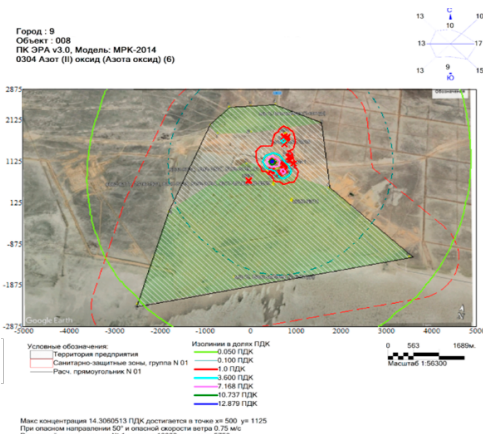
Ластаушы заттардың таралу есептеулерін верификациялау ЭРА бағдарламалық көшенін пайдалану арқылы математикалық модельдеу нәтижелерін №1 және №2 Кәсіпорындардың рұқсат етілетін шығарындылар нормативтері жобалары құрамында әзірленген таралу карталарымен салыстыру жолымен орындалды.

Салыстырмалы талдау ластаушы заттардың кеңістікте таралуының негізгі сипаттамалары бойынша жүргізілді, оның ішінде максималды концентрациялар аймақтарының орналасуы, изосызықтардың пішіні, 1 шекті рұқсат етілген концентрация деңгейінен асатын аймақтардың шекаралары, таралу өрістерінің жалпы конфигурациясы, сондай-ақ есептеулердің метеорологиялық жағдайлардың өзгеруіне сезімталдығы қарастырылды (1,2-суреттер).

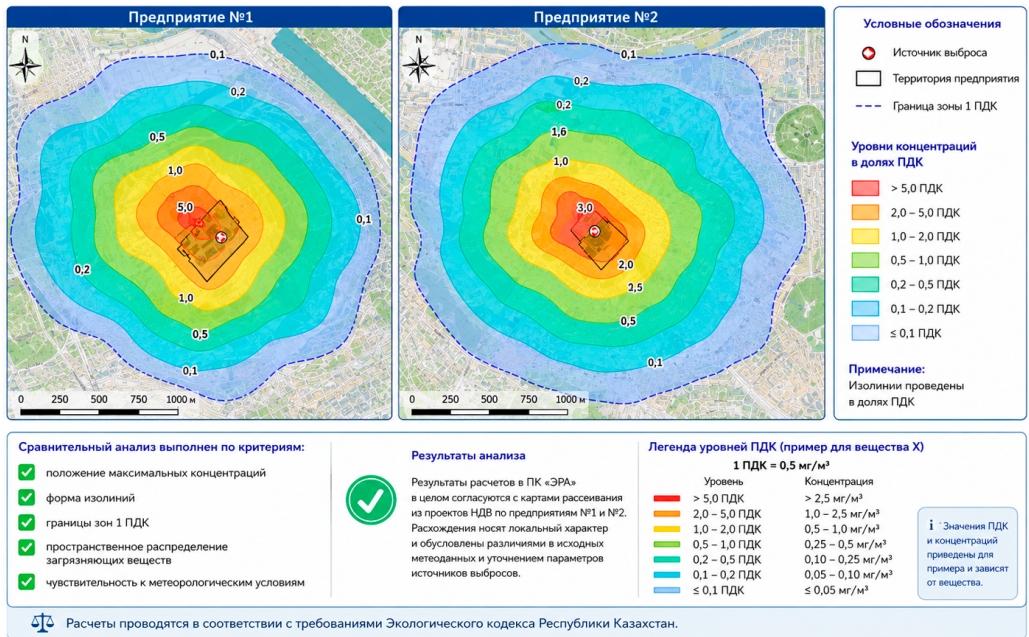
№1 және №2 Кәсіпорындары бойынша жүргізілген талдау нәтижелері есептік және жобалық концентрация өрістерінің жалпы алғанда қанағаттанарлық сәйкестігін көрсетті. Елеулі жүйелік айырмашылықтар анықталған жоқ; байқалған жергілікті ауытқулар нүктелік сипатқа ие және ластаушы заттардың кеңістікте таралуының жалпы көрінісіне айтарлықтай әсер етпейді (сурет 3, кесте 2). Аталған айырмашылықтар негізінен модельдеу кезінде пайдаланылған бастапқы метеорологиялық деректердің вариацияларымен, сондай-ақ кәсіпорындар бойынша бастапқы ақпаратты өзектендіру барысында шығарындылар көздерінің сипаттамалары мен жұмыс режимдерін нақтылаумен түсіндіріледі.



**Сурет 1. №1 кәсіпорын бойынша ластаушы заттардың таралу карталары және концентрациялар изосызықтары**  
**Figure 1. Air Pollutant Dispersion Maps and Concentration Isolines for Enterprise No. 1**



**Сурет 2. №2 кәсіпорын бойынша ластаушы заттардың таралу карталары және концентрациялар изосызықтары**  
**Figure 2. Air Pollutant Dispersion Maps and Concentration Isolines for Enterprise No. 2**



Сурет 3. Ластаушы заттардың таралу карталары және №1 және №2 кәсіпорындар бойынша концентрациялар изосызықтары

Figure 3. Air Pollutant Dispersion Maps and Concentration Isolines for Enterprise No. 1 and No. 2

Кесте 2. №2 және №3 өнеркәсіптік алаңдардағы ластаушы заттардың концентрацияларын салыстырмалы талдау

Table 2. Comparative Analysis of Pollutant Concentrations Based on Dispersion Modeling Results for Industrial Sites No. 2 and No. 3

| ЛЗ коды<br>Pollutant<br>Code | ЛЗ атауы<br>Name<br>of Pollutant                                              | Қауіптілік<br>классы<br>Hazard<br>Class | №2 өнеркәсіп-<br>тік алаң Cm<br>(ШРК үлесі)<br>Industrial<br>Site No. 2<br>Cm (fractions<br>of MPC) | №3 өнеркәсіптік<br>алаң Cm<br>(ШРК үлесі)<br>Industrial<br>Site No. 3<br>Cm (fractions<br>of MPC) | Салыстырмалы сипаттама<br>Comparative Characteristics                                            | Экологиялық маңыздылығы<br>Environmental Significance                                                                                            |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0301                         | Азот диоксиді<br>(NO <sub>2</sub> )<br>Nitrogen dioxide<br>(NO <sub>2</sub> ) | 2                                       | 8352                                                                                                | >10000                                                                                            | №3 өнеркәсіптік алаңда<br>айтарлықтай жоғары<br>Significantly higher at Industrial<br>Site No. 3 | Әсер ету аймақтарын<br>қалыптастыратын негізгі<br>ластаушы зат<br>Key pollutant, forms the<br>maximum impact zones                               |
| 0304                         | Азот оксид (NO)<br>Nitric oxide (NO)                                          | 3                                       | 679                                                                                                 | 916                                                                                               | №3 өнеркәсіптік алаңда жоғары<br>Higher at Industrial Site No. 3                                 | Фотохимиялық процестерге<br>әсер етеді<br>Affects photochemical processes                                                                        |
| 0330                         | Күкірт диоксиді<br>(SO <sub>2</sub> )<br>Sulfur dioxide<br>(SO <sub>2</sub> ) | 3                                       | 523                                                                                                 | 701                                                                                               | №3 өнеркәсіптік алаңда орташа<br>өсім байқалады<br>Moderate increase at Industrial<br>Site No. 3 | Қышқыл жауын-шашын мен<br>тыныс алу жолдарының<br>тітіркенуіне ықпал етеді<br>Contributes to acid deposition<br>and respiratory tract irritation |
| 0333                         | Күкіртсутек<br>(H <sub>2</sub> S)<br>Hydrogen sulfide<br>(H <sub>2</sub> S)   | 2                                       | 637                                                                                                 | 545                                                                                               | №2 өнеркәсіптік алаңда жоғары<br>Higher at Industrial Site No. 2                                 | Жоғары уыттылық, жұмыс<br>аймақтары үшін аса маңызды<br>High toxicity, critical for working<br>areas                                             |
| 0328                         | Күйе (C)<br>Soot (C)                                                          | 3                                       | 2171                                                                                                | 3040                                                                                              | №3 өнеркәсіптік алаңда едәуір<br>жоғары<br>Significantly higher at Industrial<br>Site No. 3      | Отынның толық жанбауының<br>индикаторы<br>Indicator of incomplete fuel<br>combustion                                                             |
| 1325                         | Формальдегид<br>Formaldehyde                                                  | 2                                       | 521                                                                                                 | 719                                                                                               | №3 өнеркәсіптік алаңда жоғары<br>Higher at Industrial Site No. 3                                 | Канцерогендік әсер, екінші<br>реттік түзілу<br>Carcinogenic effect, secondary<br>formation                                                       |

|      |                                                                                          |   |     |      |                                                                  |                                                                                                                           |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0415 | КС C <sub>1</sub> –C <sub>5</sub><br>Hydrocarbons<br>C <sub>1</sub> –C <sub>5</sub>      | - | 236 | 119  | №2 өнеркәсіптік алаңда жоғары<br>Higher at Industrial Site No. 2 | Жоғары ұшқыштық,<br>фотохимиялық процестерге<br>ықпал етеді<br>High volatility, contributes to<br>photochemical processes |
| 0416 | КС C <sub>6</sub> –C <sub>10</sub><br>Hydrocarbons<br>C <sub>6</sub> –C <sub>10</sub>    | - | 119 | 62   | №2 өнеркәсіптік алаңда жоғары<br>Higher at Industrial Site No. 2 | Органикалық ластануды<br>қалыптастырады<br>Forms organic pollution                                                        |
| 0602 | Бензол<br>Benzene                                                                        | 2 | 90  | 81   | Салыстырмалы көрсеткіштер<br>Comparable values                   | Канцероген, басым бақылауды<br>талап етеді<br>Carcinogen, priority for control                                            |
| 0616 | Ксилолдар<br>Xylenes                                                                     | 3 | 128 | 40   | №2 өнеркәсіптік алаңда жоғары<br>Higher at Industrial Site No. 2 | Ұзақ мерзімді әсер кезінде<br>уытты әсер етеді<br>Toxic effects under chronic<br>exposure                                 |
| 0703 | Бенз(а)пирен<br>Benzo[a]pyrene                                                           | 1 | 779 | 1046 | №3 өнеркәсіптік алаңда жоғары<br>Higher at Industrial Site No. 3 | Ең қауіпті канцерогендердің бірі<br>The most hazardous carcinogen                                                         |
| 1052 | Метанол<br>Methanol                                                                      | 3 | 126 | 83   | №2 өнеркәсіптік алаңда жоғары<br>Higher at Industrial Site No. 2 | Уыттылық<br>Toxicity upon inhalation                                                                                      |
| 2754 | Алкандар<br>C <sub>12</sub> –C <sub>19</sub><br>Alkanes C <sub>12</sub> –C <sub>19</sub> | 4 | 651 | 883  | №3 өнеркәсіптік алаңда жоғары<br>Higher at Industrial Site No. 3 | Ұзақ мерзімді ластануды<br>қалыптастырады<br>Contributes to long-term pollution                                           |
| 2902 | Қалқымалы<br>бөлшектер<br>Suspended<br>particulate matter                                | 3 | 9   | 25   | №3 өнеркәсіптік алаңда жоғары<br>Higher at Industrial Site No. 3 | Тыныс алу жүйесіне әсер<br>Impact on the respiratory system                                                               |

Қорытынды

Жүргізілген талдау ластаушы заттардың таралуын модельдеу мұнай-газ өндіру кәсіпорындарының атмосфералық ауаға әсерін сандық тұрғыдан бағалаудың ең тиімді құралдарының бірі болып табылатынын көрсетті. Аталған тәсіл жерүсті концентрацияларының қалыптасу процестерін егжей-тегжейлі сипаттауға және ластанудың кеңістікте таралуының негізгі заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік береді. Ластану деңгейіне ұйымдастырылған және ұйымдастырылмаған шығарындылар көздері, қолайсыз метеорологиялық жағдайлар, сондай-ақ өндірістік алаңдардың технологиялық құрылысының жоғары тығыздығы шешуші әсер ететіні анықталды.

Рұқсат етілетін шығарындылар нормативтері жобалары аясында орындалған есептеулер нәтижелерін ЭРА БК-дегі модельдеу нәтижелерімен салыстыру алынған деректердің қанағаттанарлық

сәйкестігін көрсетті. Бұл қолданылған есептеу әдістемелерінің дұрыстығын және олардың мұнай-газ өндіру объектілері жағдайында жеткілікті деңгейде қолдануға жарамды екенін дәлелдейді. Нәтижелер арасындағы болмашы айырмашылықтар бастапқы метеорологиялық параметрлердің өзгергіштігімен және бастапқы деректерді өзектендіру кезінде шығарындылар көздерінің сипаттамаларын нақтылаумен түсіндіріледі.

Алынған нәтижелер ластаушы заттардың таралуын математикалық модельдеуді экологиялық нормалау және табиғатты қорғау қызметін басқару міндеттерінде қолданудың практикалық маңыздылығын растайды. Зерттеу нәтижелері экологиялық жүктемені төмендету жөніндегі іс-шараларды әзірлеу, санитариялық-қорғау аймақтарын негіздеу және мұнай-газ кешені объектілеріндегі экологиялық есептеулердің сенімділігін арттыру кезінде пайдаланылуы мүмкін.

ҚОСЫМША АҚПАРАТ

**Қаржыландыру көзі.** Авторлар осы зерттеуді жүргізу барысында сыртқы қаржыландыру көздері болмағанын мәлімдейді.

**Мүдделер қақтығысы.** Авторлар осы зерттеуді жүргізуге және мақаланы жариялауға байланысты нақты немесе ықтимал мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

**Авторлардың үлесі.** Барлық авторлар зерттеу тұжырымдамасын әзірлеуге, деректерді талдауға, қолжазбаны дайындауға және редакциялауға елеулі үлес қосты, жарияланар алдында мақаланың соңғы нұсқасымен танысып, оны мақұлдады. Авторлардың негізгі үлесі келесідей бөлінді:

ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests related to this study and its publication.

**Authors' contribution.** All authors made substantial contributions to the conception and design of the study, data analysis and interpretation, manuscript preparation and revision, approved the final version of the manuscript, and agreed to be accountable for all aspects of the work. The greatest contribution is distributed as follows: Malik Zh. Salimgereyev – conceptualization

Салимгереев М.Ж. – зерттеу тұжырымдамасын әзірлеу, ластаушы заттардың таралуын модельдеу нәтижелерін талдау, қолжазбаның негізгі бөлімдерін дайындау және қорытындыларды тұжырымдау; Идрисова Э.К. – шығарындылар көздері бойынша бастапқы деректерді жинау, жүйелеу және өңдеу, нәтижелерді талдауға және графикалық материалдарды дайындауға қатысу; Басенова М.Б. – атмосфералық ауаны қорғау саласындағы нормативтік-құқықтық базаны талдау, әдеби шолуды дайындау және мақаланы басылым талаптарына сәйкес рәсімдеу.

of the study, analysis of the pollutant dispersion modeling results, preparation of the main sections of the manuscript, and formulation of conclusions; Elmira K. Idrisova – collection, systematization, and processing of initial data on emission sources, analysis of results, and preparation of graphical materials; Marzhan B. Bassenova – analysis of the regulatory framework for ambient air protection, preparation of the literature review, and manuscript formatting according to the journal requirements.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. ОНД-86. Кәсіпорындар шығарындыларындағы зиянды заттардың атмосфералық ауадағы концентрацияларын есептеу әдістемесі. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1987.
2. U.S. Environmental Protection Agency. Guideline on Air Quality Models (Appendix W to 40 CFR Part 51). Washington, DC : U.S. EPA, 2024.
3. Садыхов А.Б., Гасанов Р.Э. Өндірістік алаңдарда ластаушы заттардың таралуын есептеу алгоритмі // Өзбекстан Республикасының Ғылым және Ғылым Академиясының Хабарлары. 2004. №2. 200–204 б. (Орыс.)
4. Рыкин Д.Б. Мұнай-газ кешені кәсіпорындарының экологиялық қауіпсіздігін модельдеу және басқару міндеттері: ғылыми дәреже алуға арналған диссертация. Мәскеу, 2010. Кіру режимі: <https://www.dissercat.com/content/zadachi-modelirovaniya-i-upravleniya-ekologicheskoi-bezopasnostyu-predpriyatii-neftegazovogo>. Жүгінген күні: 12.05.2026.
5. Lauvaux T., Giron C., Mazzolini M., et al. Global Assessment of Oil and Gas Methane Ultra-Emitters // Science. 2021. Vol. 375. No. 6580. P. 557–561. doi: [10.1126/science.abj4351](https://doi.org/10.1126/science.abj4351).
6. Pasquill F., Smith F.B. Atmospheric Diffusion: The Dispersion of Windborne Material from Industrial and Other Sources. 2nd ed. Chichester : Ellis Horwood, 1974. 429 p.
7. Seinfeld J.H., Pandis S.N. Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. 3rd ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2016. 1152 p.
8. Turner D.B. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates: An Introduction to Dispersion Modeling. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, National Center for Air Pollution Control, 1967. 84 p.
9. Schulman L.L., Strimaitis D.G., Scire J.S. Development and Evaluation of the PRIME Plume Rise and Building Downwash Model. Journal of the Air & Waste Management Association (In Press).
10. De Visscher A. Air Dispersion Modeling: Foundations and Applications. Hoboken : John Wiley & Sons, 2014. 664 p.

## REFERENCES

1. OND-86. Method for Calculating Atmospheric Concentration of Hazardous Substances Contained in Industrial Emissions. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1987.
2. U.S. Environmental Protection Agency. Guideline on Air Quality Models (Appendix W to 40 CFR Part 51). Washington, DC: U.S. EPA; 2024.
3. Sadykhov AB, Gasanov RE. Algorithm for Calculating Pollutant Dispersion at Industrial Sites. *Transactions of The National Academy of Sciences of Azerbaijan*. 2004;2:200–204. (In Russ).
4. Rykin DB. *Modeling and Management Tasks of Environmental Safety at Oil and Gas Industry Enterprises* [dissertation]. Moscow; 2010. Available from: [www.dissercat.com/content/zadachi-modelirovaniya-i-upravleniya-ekologicheskoi-bezopasnostyu-predpriyatii-neftegazovogo](https://www.dissercat.com/content/zadachi-modelirovaniya-i-upravleniya-ekologicheskoi-bezopasnostyu-predpriyatii-neftegazovogo). (In Russ).
5. Lauvaux T, Giron C, Mazzolini M, et al. Global Assessment of Oil and Gas Methane Ultra-Emitters. *Science*. 2021;375(6580):557–561. doi: [10.1126/science.abj4351](https://doi.org/10.1126/science.abj4351).
6. Pasquill F, Smith FB. *Atmospheric Diffusion: The Dispersion of Windborne Material from Industrial and Other Sources*. 2nd ed. Chichester: Ellis Horwood; 1974. 429 p.
7. Seinfeld JH, Pandis SN. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2016. 1152 p.
8. Turner DB. *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates: An Introduction to Dispersion Modeling*. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, National Center for Air Pollution Control; 1967. 84 p.
9. Schulman LL, Strimaitis DG, Scire JS. *Development and Evaluation of the PRIME Plume Rise and Building Downwash Model*. Journal of the Air & Waste Management Association (In Press).
10. De Visscher A. *Air Dispersion Modeling: Foundations and Applications*. Hoboken: John Wiley & Sons; 2014. 664 p.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Салимгереев Малик Жанабаевич**  
ORCID [0009-0003-0238-9574](#)  
e-mail: [m.salimgereev@kmge.kz](mailto:m.salimgereev@kmge.kz).  
**Идрисова Эльмира Каировна**  
ORCID [0009-0000-2420-2350](#)  
e-mail: [e.idrissova@kmge.kz](mailto:e.idrissova@kmge.kz).  
**\*Басенова Маржан Бактыбаевна**  
ORCID [0009-0004-7974-3313](#)  
e-mail: [m.bassenova@kmge.kz](mailto:m.bassenova@kmge.kz).

**AUTHORS' INFO**

**Malik Zh. Salimgereyev**  
ORCID [0009-0003-0238-9574](#)  
e-mail: [m.salimgereev@kmge.kz](mailto:m.salimgereev@kmge.kz).  
**Elmira K. Idrissova**  
ORCID [0009-0000-2420-2350](#)  
e-mail: [e.idrissova@kmge.kz](mailto:e.idrissova@kmge.kz).  
**\*Marzhan B. Bassenova**  
ORCID [0009-0004-7974-3313](#)  
e-mail: [m.bassenova@kmge.kz](mailto:m.bassenova@kmge.kz).

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding Author