

УДК 551.510.42

**О РЕЗУЛЬТАТАХ ЧИСЛЕННЫХ РАСЧЕТОВ  
РАСПРОСТРАНЕНИЯ SO<sub>2</sub> И NO<sub>2</sub> ОТ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ  
НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (на примере КНГКМ)**

А.А. Скакова

*Изучены особенности распространения SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> от источников выбросов нефтегазовых месторождений на примере Карачаганакского газоконденсатного месторождения: годовой ход концентраций загрязняющих веществ и характер распределения их по высоте.*

Современная система контроля вредных пылегазовых выбросов в атмосферу в Казахстане и в других странах СНГ основана на принятой еще в СССР концепции о том, что выбросы любого предприятия в суммировании с одноименными выбросами других предприятий данного региона не должны превышать на уровне дыхания, так называемых, «Предельно допустимых концентраций» (ПДК). На основе медико-биологических исследований разработан широкий набор значений ПДК для разнообразных веществ и соединений, распространяющихся от источников выбросов в атмосфере [1, 5].

Принятая система контроля ограничена непосредственным воздействием выбросов источников данного региона на атмосферу региона. При этом, действующее законодательство не требует сведений баланса выбросов, хотя практически всегда, свыше 50 % выбросов в любом регионе уносятся за его пределы, осаждаясь в других районах, отстоящих от источников на многие сотни и тысячи километров. В этом случае рассеивание выбросов столь велико, что их концентрации оказываются много ниже установленных норм ПДК и, следовательно, не оказывает заметного влияния на загрязнение атмосферы в районах дальнего переноса.

Известно, что время нахождения в атмосфере в случае дальнего переноса становится значительным (от нескольких часов до нескольких суток) и первичные выбросы окислов серы и азота взаимодействуют в атмосфере под влиянием ультрафиолетовой части солнечного излучения, образуя сложную гамму азотно-сернистых соединений. Указанные соединения в сухом (ряд из них образует аэрозоли) и влажном виде (кислотные дожди) выпадают на почву, леса, здания, сооружения и т.п.

Этот вид загрязнений в Казахстане в настоящее время не нормируется и не контролируется в достаточной степени [3, 4]. Вместе с тем, в Европе, уже в течение более 15 лет в рамках выполнения конвенции о трансграничном переносе вредных веществ в атмосфере ведутся расчетные оценки этого переноса, а также организована система мониторинга для определения выпадения различных загрязнений на отдельные территории и государства.

На наш взгляд назрела актуальность контроля такого рода загрязнений на территории Казахстана. Между тем, проблема оценки переноса загрязнений не может быть решена только путем организации измерений, она требует также развития математического моделирования. Необходимость моделирования для оценки дальнего переноса от многих источников обусловлена тем, что путем измерений не удастся надежно определить источник выбросов, поступающих в данную точку. Организация репрезентативных измерений связана с большими затратами, техническими и организационными трудностями. Но даже при наличии таких измерений, определение источника примеси требует достаточно развитого информационно-модельного обеспечения, так как примесь попадает в точку измерения многими путями и от многих источников.

После эмиссии в атмосферу антропогенные примеси распространяются по ветру (адвекция), рассеиваются в горизонтальной плоскости (горизонтальная диффузия) и по вертикали (вертикальная диффузия). При этом, они могут захватываться осадками (в том числе, аккумулироваться облаками) и осаждаться вместе с ними. Кроме того, примеси выпадают вследствие гравитационного осаждения (крупные частицы с характерными размерами более микрона) и захвата подстилающей поверхностью («сухое» осаждение), подвергаются химическим превращениям. Последние играют особую роль, так как первоначально химически почти инертные и потому экологически безопасные примеси могут переходить в опасные формы или провоцировать образование вредных веществ. Так, например, биологически инертный газ  $\text{NO}$  переходит в азотную кислоту и нитраты и совместно с летучими органическими соединениями провоцируют образование в нижней тропосфере больших концентраций озона, оказывающего вреднее влияние на биоту [6, 7].

В данной работе для изучения распространения  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_2$  от источников выбросов нефтегазовых месторождений (на примере Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения, КНГКМ) использовалась численная схема расчета, состоящая из региональной гидродинами-

ческой модели атмосферы «ЕТА» и модели «дальнего и трансграничного переноса» (МДТП) вредных выбросов [2, 8, 9].

Результаты расчетов показали, что наиболее значительные концентрации  $SO_2$  и  $NO_2$  как по среднегодовым, так и по средним месячным данным, наблюдаются в нижнем 200 метровом слое. На этом уровне ареал распространения загрязняющих веществ ( $SO_2$  и  $NO_2$ ) – незначительный, тогда как сами величины концентрации в среднем за год достигают 11 000 (для  $NO_2$ ) и 500...550 (для  $SO_2$ )  $пг/м^3$ . С высотой концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе резко уменьшается, – на уровнях 700 и 900 м концентрация  $SO_2$  и  $NO_2$  примерно на порядок ниже, чем на уровне 200 м. Однако, ареал распространения выбросов увеличивается. В среднем за год под влиянием деятельности объектов Компании оказывается большая часть европейской территории России (за исключением западной половины ЕТР), Урала и Западной Сибири, а также Узбекистан и Туркмения. Основной поток примесей в условиях преобладания над территорией Казахстана западных и северо-западных ветров направлен на восток и юго-восток. Поэтому и основные очаги с максимальными концентрациями диоксида серы (50...55  $пг/м^3$  на уровне 700 м и 14...18  $пг/м^3$  на уровне 900 м) располагаются восточнее объектов Компании.

Для иллюстрации на рис. 1 и 2 представлены особенности среднегодовых потоков  $SO_2$  на уровнях 700 и 900 м.

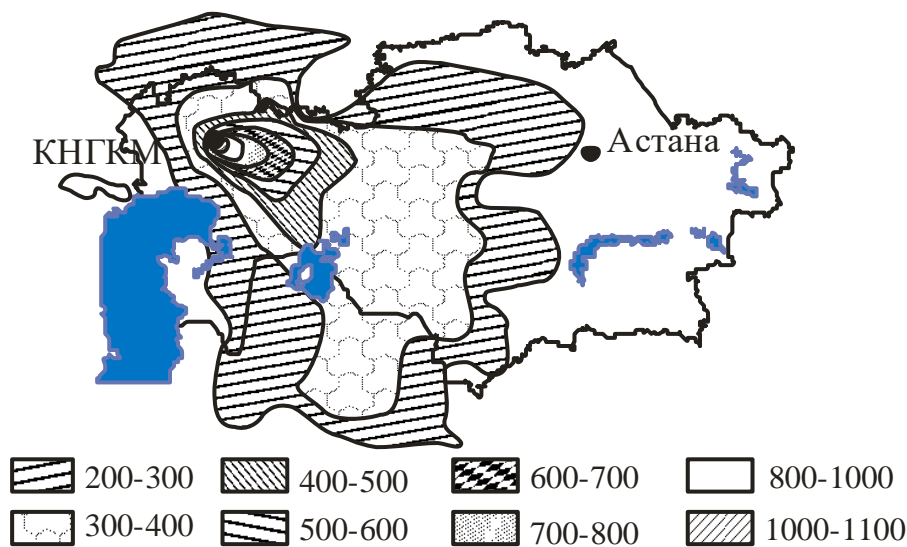


Рис. 1. Распространение концентрации  $SO_2$  от Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения на уровне 700 м в среднем за год,  $пг/м^3$ .

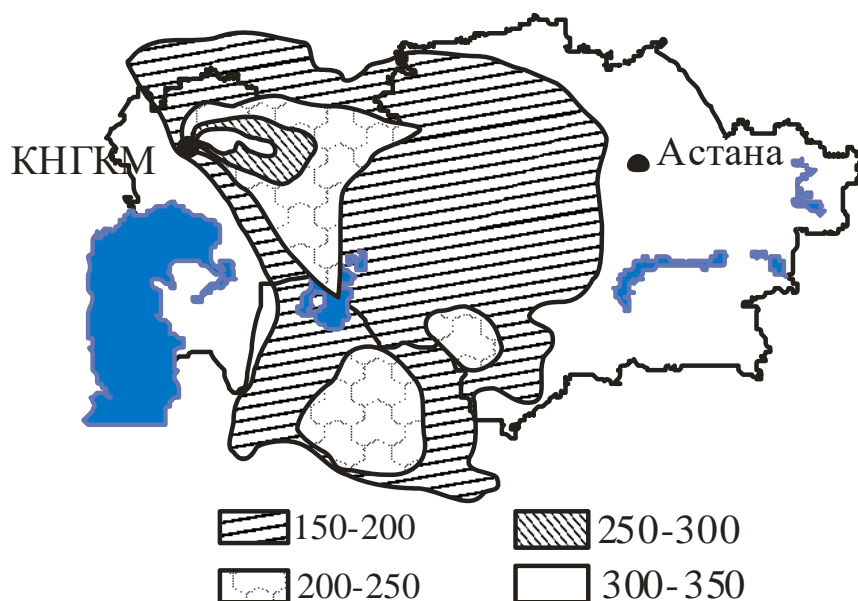


Рис. 2. Распространение концентрации  $SO_2$  от Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения на уровне 900 м в среднем за год,  $нг/м^3$ .

В работе также рассмотрено пространственное распределение концентраций диоксида серы и азота для различных месяцев на уровнях 200, 700 и 900 м.

Так, в **январе** концентрация диоксида азота в районе объектов Компании на уровне 200 м достигает  $8\ 000\ нг/м^3$ , концентрация серы – значительно меньше, около  $350\ нг/м^3$ . На уровне 700 м ареал распространения загрязняющих веществ захватывает юг Западной Сибири, восточный Казахстан, а также Узбекистан и Туркмению. Основной очаг с концентрацией до  $350\ нг/м^3$  для азота и  $16\ нг/м^3$  для серы располагается в районе Астаны и на западе Узбекистана. На уровне 900 м ареал распространения загрязняющих веществ практически не меняется, однако основной очаг с концентрацией около  $60\ нг/м^3$  для азота и  $3\ нг/м^3$  для серы отодвигается на юго-восток Казахстана к границам Киргизии.

В **феврале** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании увеличивается – на уровне 200 м до  $11\ 000\ нг/м^3$  для азота и  $550\ нг/м^3$  для серы. На уровне 700 и 900 м ареал распространения загрязняющих веществ почти не отличается от январского. Однако расположение очагов меняется. Основной очаг с концентрацией около  $850\ нг/м^3$  для азота и  $33\ нг/м^3$  для серы располагается в районе объектов Компании, два других – менее интенсивных ( $300...400\ нг/м^3$  для

азота и 15...18  $\text{пг/м}^3$  для серы) располагаются на северо-востоке Европейской России. На уровне 900 м основной очаг (с концентрацией свыше 180  $\text{пг/м}^3$  для азота и свыше 8  $\text{пг/м}^3$  для серы) располагается на севере Западной Сибири, два других (с концентрацией 140...160  $\text{пг/м}^3$  для азота и 7...8  $\text{пг/м}^3$  для серы) смещаются на северо-восток европейской территории России, юг Казахстана и запад Узбекистана.

**В марте** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м составляет около 10 000  $\text{пг/м}^3$  для азота и 450  $\text{пг/м}^3$  для серы. На уровне 700 м основной очаг с концентрацией 500...550  $\text{пг/м}^3$  для азота и 27  $\text{пг/м}^3$  для серы располагается восточнее объектов Компании. Еще один очаг – менее интенсивный (400...450  $\text{пг/м}^3$  для азота и 21...24  $\text{пг/м}^3$  для серы) прослеживается на среднем Урале. На уровне 900 м – основной поток направлен на восток и юго-восток, в связи с чем, основные очаги с концентрацией 200...220  $\text{пг/м}^3$  для азота и 10...11  $\text{пг/м}^3$  для серы смещаются на юг Казахстана, запад Узбекистана и захватывают восточную часть Таджикистана и север Киргизии.

**В апреле** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы резко увеличивается и достигает на уровне 200 м в районе объектов Компании 18 000  $\text{пг/м}^3$  для диоксида азота и 800  $\text{пг/м}^3$  для диоксида серы. На уровне 700 м ареал распространения загрязняющих веществ суживается и ограничивается с запада меридианом Москвы, с востока – меридианом озера Балхаш. Основной очаг с концентрацией 1100...1200  $\text{пг/м}^3$  для азота и 50...55  $\text{пг/м}^3$  для серы располагается северо-западнее объектов Компании. На уровне 900 м основной очаг с концентрацией свыше 400  $\text{пг/м}^3$  для азота и около 20  $\text{пг/м}^3$  для серы располагается восточнее объектов Компании. Два других – менее интенсивных (с концентрацией 350...400  $\text{пг/м}^3$  для азота и 16...18  $\text{пг/м}^3$  для серы) отмечаются на средней Волге и среднем Урале.

**В мае** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м составляет около до 14 000  $\text{пг/м}^3$  для азота и 850  $\text{пг/м}^3$  для серы. На уровне 700 и 900 м – ареал распространения загрязняющих веществ суживается и ограничивается в основном территорией Казахстана, Узбекистана и Туркмении. На уровне 700 м основной очаг (с концентрацией 2000...2200  $\text{пг/м}^3$  для азота и 100...110  $\text{пг/м}^3$  для серы) прослеживается чуть восточнее объектов Компании. На уровне 900 м основные очаги с концентрацией (700...800 и 600...700  $\text{пг/м}^3$  для азота; 35...40 и 30...35  $\text{пг/м}^3$  для серы) располагаются соответственно восточнее объектов Компании и к юго-востоку от Аральского моря.

В **июне** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м практически не меняется и составляет около 14 000  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 850  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы. В верхних слоях пограничного слоя на уровне 700 и 900 м ареал распространения загрязняющих веществ ограничивается в основном западной частью Казахстана и Узбекистаном. На уровне 700 м основной очаг с концентрацией около 2400  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 110  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы располагается восточнее объектов Компании. На уровне 900 м основной очаг с концентрацией 800...900  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 40...45  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы прослеживается между объектами Компании и Аральским морем.

В **июле** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м увеличивается до 18 000  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 900  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы. На уровне 700 м ареал распространения загрязняющих веществ охватывает почти всю территорию Казахстана, Узбекистана, юг Урала и Западной Сибири. Основной очаг с концентрацией около 2200  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 110  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы располагается в районе объектов Компании. На уровне 900 м ареал распространения расширяется на север вплоть до центральных районов Западной Сибири и северо-востока европейской территории России. Основной очаг с концентрацией для азота свыше 600 и 30  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы располагается между объектами Компании и Астаной.

В **августе** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м еще более увеличивается до 22 000  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 1 100  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы. Характерной особенностью ареала распространения загрязняющих веществ на уровне 700 м является появление полей концентраций загрязняющих веществ от объектов Компании в направлении Москвы и Санкт-Петербурга. Основной очаг с концентрацией 3000  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 140  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы располагается в районе объектов Компании. На уровне 900 м отмечается дальнейшее расширение ареала распространения загрязняющих веществ на север европейской территории России. Основной очаг с концентрацией 1000  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 50  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы располагается чуть восточнее объектов Компании.

В **сентябре** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м уменьшается до 11 000  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 500  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы. Ареал распространения загрязняющих веществ захватывает северо-восток европейской России, большую часть территории Урала, Западной Сибири, Казахстана, Узбеки-

стана и Туркмении. Основные очаги на уровне 700 м с концентрацией 850  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 33  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы и располагаются восточнее объектов Компании и на западе Узбекистана. На уровне 900 м очаг на западе Узбекистана сохраняет свои позиции, но концентрация в нем снижается до 450  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и до 22  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы.

**В октябре** происходит дальнейшее уменьшение концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м до 8 500  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 350  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы. Основные очаги на уровне 700 м с концентрацией 450  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 22  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы смещаются на юго-восток к границам Киргизии. На уровне 900 м основной очаг с концентрацией 450  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 8  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы располагается на западе Узбекистана.

**В ноябре** концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м снова уменьшается до 5 500  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 270  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы. Ареал распространения практически не меняется. На уровне 700 м основной очаг с концентрацией 240  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 11  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы располагается на территории Туркмении. На уровне 900 м основной поток загрязняющих веществ направлен на запад Узбекистана, где концентрация азота превышает 80  $\mu\text{г}/\text{м}^3$ , серы – 4  $\mu\text{г}/\text{м}^3$ .

**В декабре** ареал распространения загрязняющих веществ существенно не меняется. Концентрация загрязняющих веществ в приземном слое в районе объектов Компании на уровне 200 м составляет 7 000  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для азота и 330  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  для серы. На уровне 700 м больше всего азота (до 350  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  и серы до 18  $\mu\text{г}/\text{м}^3$ ) достается Астане и западным районам Узбекистана, на уровне 900 м – западным районам Узбекистана (110  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  азота и 4  $\mu\text{г}/\text{м}^3$  серы).

В заключение можно сделать следующие основные выводы. Годовой ход концентрации загрязняющих веществ характеризуется хорошо выраженными максимумами в весенне-летний период и минимумами в осенне-зимнее время. Максимальные значения концентрации загрязняющих веществ в районе источника отмечаются на уровне 200 м. С высотой концентрация загрязняющих веществ резко уменьшается, тогда, как ареал распространения выбросов увеличивается. В приземном слое атмосферы (ниже 200 м) трансграничный перенос  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_2$  отсутствует. На уровне 700 и 900 м основные потоки диоксида серы и азота направлены на восток и юго-восток. Во всех рассмотренных случаях уровень концентрации диоксида серы и азота на несколько порядков ниже предельно допустимых концентраций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 200 с.
2. Дегтярев А.И., Наумов А.Д и др. Информационно-аналитический комплекс для прогнозирования и мониторинга загрязнения атмосферы аэрозолями и газами антропогенного происхождения: Тез. докл. / 3-ий Международный аэрозольный симпозиум,. – 1996. – №.12.
3. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.
4. Кондратьев К.Я. Глобальная экология и требования к данным наблюдений. – СПб.: Наук, 1992.
5. РД. 52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М.: Гидрометеиздат, 1991. – 425 с.
6. Сальников В.Г. Актуальные проблемы трансграничного переноса загрязняющих веществ над территорией Казахстана // Вестник КазГУ. Серия географическая. – 2000. – № 9.
7. Сальников В.Г. Эколого-климатический потенциал Казахстана. – Алматы: Қазақ университеті, 2006. – 263 с.
8. Degtiarev A.I., Shtyreva N.V. Long range modelling of pollutant substances in the atmosphere // Air Pollution Modeling and its Application XIII. – 2000. – Kluwer Academic/Plenum Publisher. New York.
9. Documentation of the UB/NMC Eta model // WMO, Geneva, Switzerland, Federal hydrometeorological institute, Belgrade, Yugoslavia, 1997.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

### **МҰНАЙГАЗ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ ТАСТАЛЫМ КӨЗДЕРІНЕН ШЫҒАТЫН $SO_2$ ЖӘНЕ $NO_2$ ТАРАЛУЫНЫҢ САНДЫҚ ЕСЕПТЕУЛЕРІНІҢ ҚОРЫТЫНДЫЛАРЫ ТУРАЛЫ (ҚМГКО мысалында)**

А.А. Скакова

*Қарашығанақ газ конденсаторлық кен орыны мысалында мұнайгаз кен орындарының тасталым көздерінен шығатын  $SO_2$  және  $NO_2$  таралу ерекшеліктері: ластаушы заттардың концентрациясының жылдық жүрісі мен олардың биіктік бойынша таралу сипаттамасы зерттелген.*