

УДК 551.501: 629.195.1

Доктор техн. наук
Канд. техн. наукА.Х. Ахмеджанов¹
Т.К. Караданов¹**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕРНИСТОГО ГАЗА ПО ТЕРРИТОРИИ
КАЗАХСТАНА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Ключевые слова: концентрация, малые газы, сернистый газ, атмосфера, спутник, зондирование

В работе представлены усредненные распределения сернистого газа по территории Казахстана на основе обработки спутниковых данных. Выделены внутригодовые особенности и получены оценки изменения среднего значения SO₂ за период 2000...2017 годы.

Состояние загрязненности атмосферы зависит от большого количества источников эмиссии в атмосферу газов природного и антропогенного происхождения. Сернистый газ относится к газам, которые в результате химических реакций в атмосфере довольно быстро распадаются, поэтому их концентрации крайне непостоянны. Продолжительность существования сернистого газа в атмосфере сравнительно невелика (от двух-трех недель, если воздух сравнительно сухой и чистый, до нескольких часов, если воздух влажен и в нем присутствует аммиак или некоторые другие примеси). Это соединение, растворяясь в каплях атмосферной влаги, в результате каталитических, фотохимических и других реакций окисляется и образует раствор серной кислоты. Агрессивность выбросов еще более возрастает. В конечном счете, переносимые воздушными массами сернистые соединения переходят в форму сульфатов. Их перенос в основном происходит на высоте от 750 до 1500 м, где средние скорости близки к 10 м/с, и дальность переноса сернистого газа простирается до 300...400 км. На этом же удалении от источника выбросов в струе переноса отмечается максимум концентрации раствора серной кислоты. Ее обнаруживают и на расстоянии до 1000...1500 км, где в основном завершается ее переход в форму сульфатов. Соединения серы попадают в атмосферу, как естественным путем, так и в результате антропогенной деятельности. В роли естественного источника выступает поверхность суши и океана. В резуль-

¹ АО «НЦКИТ» НКА РК, г. Алматы, Казахстан

тате антропогенной деятельности в атмосферу попадает значительное количество серы, главным образом в виде диоксида. Среди источников этого соединения на первом месте стоит сжигание угля.

В последние годы при решении задач количественной и качественной оценки распространения газов, загрязняющих атмосферу, применяются данные спутникового зондирования. Исследованы возможности использования спутниковой информации для восстановления концентраций различных газов в атмосфере, с целью их мониторинга на востоке России [4]. Выполнена оценка накопления и перемещения диоксидов азота и серы в Армении по материалам дистанционного зондирования Земли [3]. По данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) получены карты рисков загрязнения атмосферы Украины диоксидом серы (SO_2) и аэрозолями [2]. Получена оценка выбросов диоксида серы в атмосферу на основе спутниковых методов контроля в районе Норильской промышленной зоны [1]. Разработан аналитический метод оценки вертикального профиля выбросов SO_2 на основе данных дистанционного зондирования [5].

Радиационный перенос в атмосфере определяется содержанием газов, поглощающих излучение, таких, как водяной пар, двуокись углерода, метан, озон, окись азота и др. Атмосферный газ на определенной частоте в большей степени поглощает восходящую радиацию иначе, чем другие газы. На рис. 1 представлена интенсивность поглощения некоторых атмосферных газов в инфракрасном диапазоне частот [4].

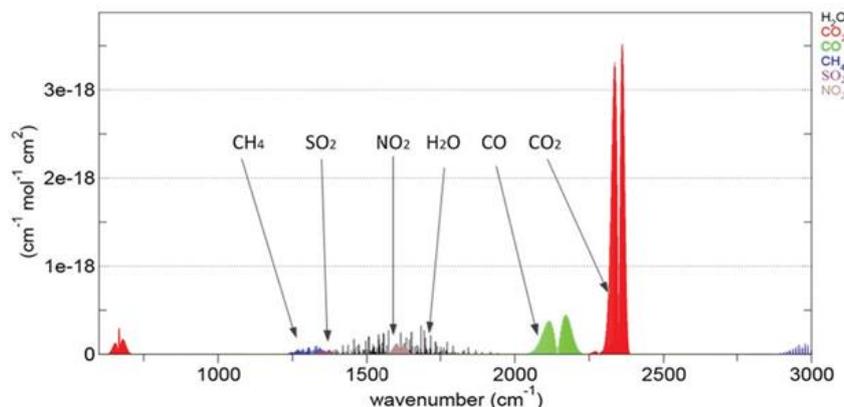


Рис. 1. Интенсивность поглощения атмосферных газов в инфракрасном диапазоне частот [4].

Для восстановления концентрации атмосферных газов используются методы, основанные на поглощении излучения в инфракрасной и ультрафиолетовой областях электромагнитного спектра.

Метод теплового излучения использует измерения спектральной яркости излучения атмосферы и описывается уравнением теплопереноса (1), решение которого позволяет восстановить параметры атмосферы:

$$J_{\lambda}^{cn} = J_{\lambda}^{zn} + \int_0^H \beta_{\lambda}(T(h)) \frac{P(H-h)}{dh} dh,$$

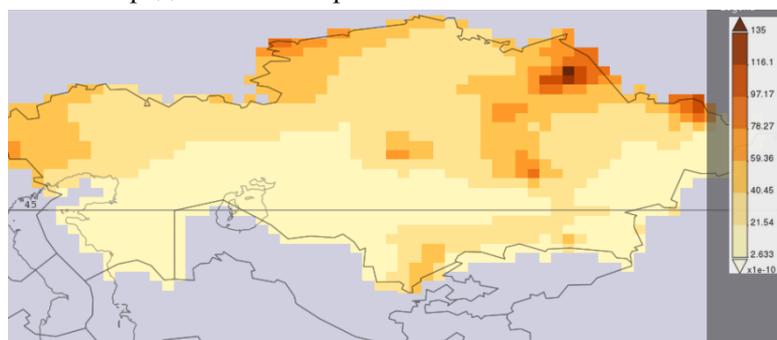
$$P(h) = e^{-\frac{\alpha_{\lambda} q(h)}{\cos \vartheta}},$$

где J_{λ}^{cn} – поток ИК радиации, регистрируемый спутниковым сенсором, J_{λ}^{zn} – поток ИК радиации, излучаемый земной поверхностью, β_{λ} – функция Планка, $T(h)$ – функция температуры от высоты атмосферного слоя h , λ – длина волны, $P(h)$ – функция пропускания излучения в атмосфере, $q(h)$ – вертикальные профили концентраций газа, α_{λ} – коэффициент поглощения излучения, ϑ – угол зондирования, H – максимальная высота.

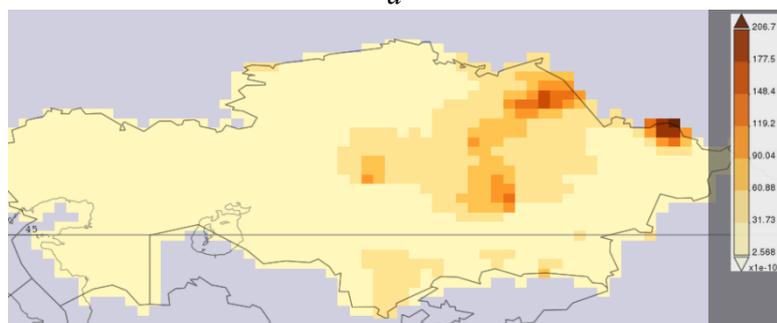
Модель MERRA-2 – глобальный атмосферный реанализ спутниковых данных, произведенный глобальным управлением моделирования и ассимиляции НАСА (GMAO). Цели MERRA-2 заключаются в том, чтобы обеспечить систематизированный, однородный учет глобальной атмосферы и включить дополнительные аспекты климатической системы, включая газовые компоненты и улучшенное представление поверхности Земли. MERRA-2 является одной из первых глобальных реанализов спутниковых данных для ассимиляции космических наблюдений газов и аэрозолей, а также представления их взаимодействия с другими физическими процессами в климатической системе. MERRA-2 предназначена заменить первоначально продукт MERRA, и отражает современные достижения в моделировании атмосферы и усваивании данных.

На основе этой модели были получены усредненные данные распределения сернистого газа за 1997, 2007 и 2017 годы (рис. 2а, б, в), где участки с наибольшей концентрацией этого газа повторяются. В 1997 г. наблюдалось распространение SO_2 на севере и северо-западе Казахстана. В 2007 и 2017 годах наблюдалось уменьшение областей распространения сернистого газа. В результате дальнейшей обработки этих данных были получены сглаженные распределения с географической привязкой (рис. 3а, б). Необходимо отметить, что источники этого загрязнения атмосферы не изменились и находятся на северо-востоке и востоке Казахстана, а также имеется источник с небольшой интенсивностью. Области распро-

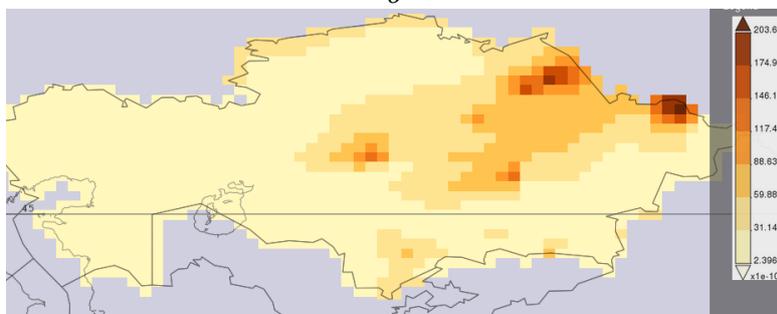
странения в зависимости от погодных условий различны, так в январе 2016 г. площадь распространения SO_2 больше, чем в 2017 г. Внутригодовые распределения максимальных и средних значений SO_2 в 2016 и 2017 годах показаны на рис. 4. В целом средние внутригодовые концентрации сернистого газа за эти годы мало различаются. Наблюдается повышение содержания сернистого газа в зимние месяцы, что может объясняться увеличением объемов сжигаемого угля. Распределения средних значений концентраций SO_2 по территории Казахстана за период 2000...2017 гг. представлены на рис. 5.



а



б



в

Рис. 2. Усредненные распределения сернистого газа по территории Казахстана за 1997 (а), 2007 (б) и 2017 (в) годы.

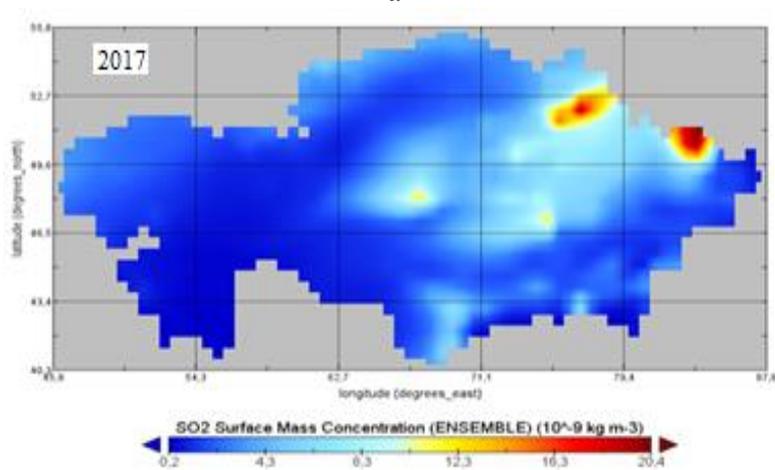
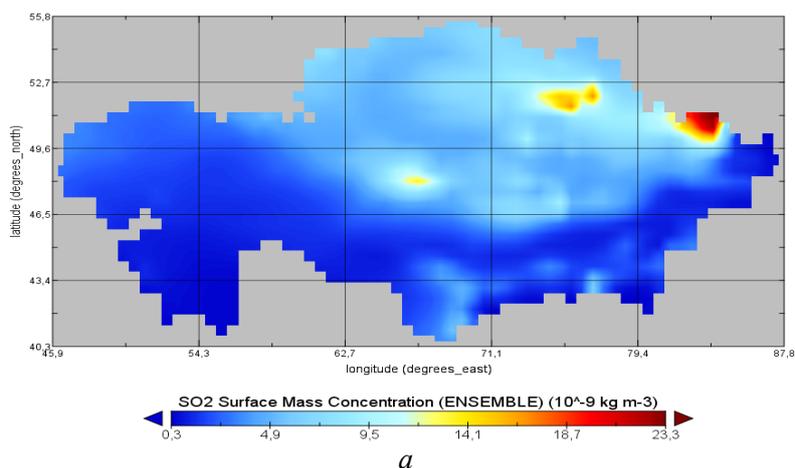


Рис. 3. Интерполированные распределения сернистого газа по территории Казахстана за январь 2016 (а) и 2017 (б) годов.

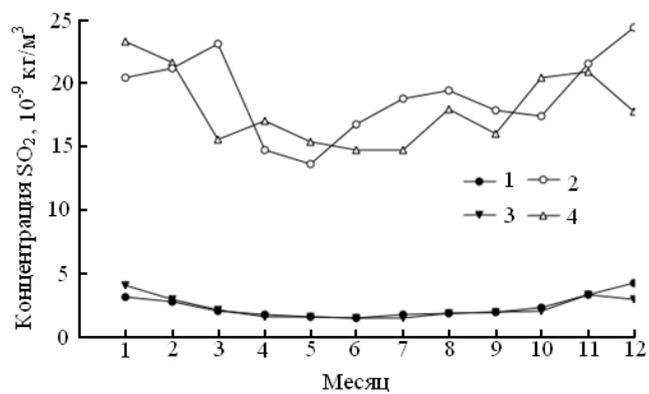


Рис. 4. Внутригодовое распределение максимальных (2, 4) и средних (1, 3) значений SO_2 в 2016 (3, 4) и 2017 (1, 2) годах.

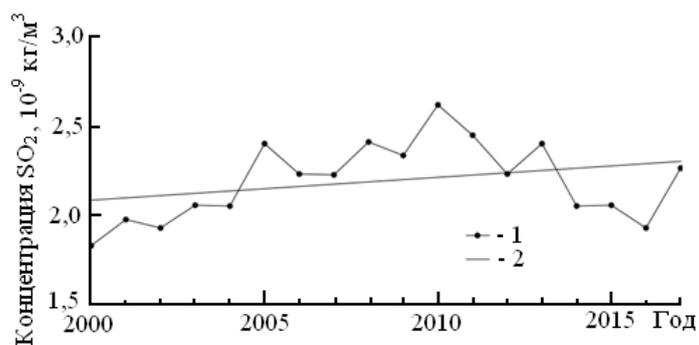


Рис. 5. Распределение средних (1) значений SO_2 и линия тренда (2) по территории Казахстана за период 2000...2017 годы.

На рис. 5 среднее значение SO_2 с 2000 года до 2005 года растет, достигая локального максимума. До 2013 года значения лежат выше линии тренда, после этого значения концентраций SO_2 опускаются ниже линии тренда.

За последние 20 лет местоположение участков с максимальной концентрацией сернистого газа не изменилось. Статистический анализ усредненных по территории Казахстана данных показал, что наблюдается малый тренд к увеличению концентрации SO_2 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуев Д.В., Кашкин В.Б. Анализ выбросов диоксида серы по данным инструмента OMI (спутник AURA) для Норильской промышленной зоны. // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – Т. 26. – № 9. – С. 793-797.
2. Родригес Залепинос Р.А., Аверин Г.В. Экологический анализ содержания диоксида серы и аэрозоля в атмосферном воздухе над территорией Украины // Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2012. - №2 (15). – С. 231-237
3. Станкевич С.А., Налбандян М.А., Андреасян Д.М., Титаренко О.В. Оценка накопления, пространственного распределения и перемещения диоксидов азота и серы в атмосфере бассейна реки Дебед по материалам дистанционного зондирования Земли и возможные риски для здоровья населения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14. – №2. – С. 240-249.
4. Филей А.А. Мониторинг содержания газов в атмосфере на основе данных ДЗЗ в Дальневосточном центре ФГБУ «НИЦ «Планета» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – № 6. – С. 71-80.

5. Eckhardt S., Prata A.J., Seibert P., Stebel K. and Stohl A. Estimation of the vertical profile of sulfur dioxide injection into the atmosphere by a volcanic eruption using satellite column measurements and inverse transport modeling // Atmos. Chem. Phys. – 2008. – №8. – P. 3881-3897.

Поступила 30.03.2018

Техн. ғылымд. докторы А.Х. Ахмеджанов

Техн. ғылымд. канд. Т.К. Караданов

ЖЕР СЕРІГІНЕН БАРЛАУ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ КҮКІРТТІ ГАЗДЫҢ ТАРАЛУЫН БӨЛУ

Түйінді сөздер: шоғырлау, жылыжайлық газдар, күкіртті газ, атмосфера, серігі

Спутниктік деректерді өңдеу негізінде Қазақстанның аумағы бойынша күкірт диоксидінің орташа бөлінуі көрсетілген. Ішкі жылдық ерекшеліктері ерекшеленеді. 2000...2017 жылдар аралығындағы SO₂ орташа құнының өзгеру бағалары алынды.

Akhmedzhanov A.Kh., Karadanov T.K.

DISTRIBUTION OF SULFUR DIOXIDE ON THE TERRITORY OF KAZAKHSTAN ON THE BASIS OF REMOTE SENSING DATA

Keywords: concentration, greenhouse gases, sulphur dioxide, atmosphere, remote sensing

The paper presents the averaged distribution of sulfur dioxide on the territory of Kazakhstan on the basis of satellite data processing. The year-on-year peculiarities were identified and the estimates of the change in the average SO₂ value for the period 2000...2017 were obtained.