

УДК 551.501: 629.195.1

Доктор техн. наук  
Канд. техн. наукА.Х. Ахмеджанов \*  
Т.К. Караданов \*  
А.Н. Искаков \***РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАНА НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА НА  
ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ***МЕТАН, КОНЦЕНТРАЦИЯ, ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ, АТМО-  
СФЕРА, СПУТНИКОВОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ*

*Рассмотрены сезонные вертикальные распределения метана в атмосфере по данным космического зондирования в разных регионах Казахстана. Получено распределение среднего содержания метана в атмосферном столбе по территории Казахстана. Определено, что максимальное значение содержания метана порядка  $3,8 \cdot 10^{19}$  молекул/см<sup>2</sup> наблюдается на территории северного Прикаспия и Приаралья.*

Выбросы метана увеличились в результате деятельности человека, связанной с сельским хозяйством, расширением объемов добычи нефти, природного газа и каменного угля. Метан возникает и накапливается в почвенном слое Земли, где происходит разложение отмершей растительности при недостатке свободного кислорода. Среди источников метана преобладают микробиологические процессы с участием анаэробных бактерий. Атмосферные источники метана ( $CH_4$ ) отсутствуют, и поступление его в атмосферу полностью контролируется потоками с земной поверхности.

В последние десятилетия активно ведутся исследования и учет всех источников атмосферного метана: как техногенных (сжигание органики, добыча ископаемого топлива), так и биологических. Метан – гораздо более «сильный» парниковый газ, чем двуокись углерода. По сравнению с доиндустриальной эпохой содержание метана в атмосфере увеличилось почти втрое. С ростом температуры поверхности возрастает вероятность выхода большого количества  $CH_4$  в атмосферу из болот Западной Сибири, тающей многолетней мерзлоты и метангидратов [1]. Из-за положительной обратной связи имеется вероятность аномально быстрой эмиссии огромного количества метана из вышеперечисленных резервуаров в

---

\* ИКИ им. акад. У.М. Султангазина, г. Алматы

атмосферу, что соответственно приведет к значительному возрастанию парникового эффекта. Этот вероятный сценарий эмиссии метана в литературе называют «метановой бомбой» [2]. В этой работе обсуждается сценарий быстрого в климатическом смысле потепления в раннем палеоцене, который был обнаружен в начале 90-х годов 20 века. Он получил название Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM). Живые растения синтезируют метан сами, без участия микробов, а сам процесс растительного метаногенеза радикально отличается от техногенного [4]. Измерив интенсивность метаногенеза у многих видов растений из разных климатических зон, было установлено суммарное количество метана, выделяемого всеми зелеными растениями планеты. Получилось, что живые растения выделяют от 60 до 240 млн. тонн метана в год (причем основной вклад вносят тропические леса и саванны), и еще от 0,5 до 7 млн. тонн производят опавшие листья. Все это вместе составляет 10...30 % от общего ежегодного поступления метана в атмосферу.

Исследованию распределения метана на территории Казахстана на основе спутниковых данных спектрометра TES (Tropospheric Emission Spectrometer) посвящена данная работа.

Для получения глобальной информации о состоянии парниковых газов в атмосфере с высокой периодичностью и пространственным разрешением регулярно проводятся измерения дистанционными методами [3]. Для этих целей используются современные международные конфигурации различных спутников, предназначенных для изучения состояния атмосферы и поверхности. В настоящее время поступают данные с геостационарных спутников различных стран (Meteosat, MSG, GOES, GMS, GOMS, COMS, INSAT), полярных спутников (Metop, METEOP-3M, FY-1/3, NPOESS и т.д.), научно-исследовательских спутников (ENVISAT/ERS-2, Meteor-3M №1, SPOT-5, TERRA, Aqua, TRMM, Quicksat, Jason-1, Ocean series и т.д.).

Прибор AIRS на спутнике AQUA представляет собой многоканальный дифракционный спектрометр, позволяющий получать информацию о профилях температуры, влажности, концентрации различных газов. Спектрометр TES измеряет уходящее ИК тепловое излучение ( $650...3050 \text{ см}^{-1}$ ). Измерения со средним спектральным разрешением регистрирует содержание газовых компонент атмосферы. Прибор HIRDLS (High Resolution Dynamics Limb Sounder) – радиометр (спектральные каналы в области от 6 до 17 мкм). Этот прибор позволяет получать профили температуры, содержания различных парниковых газов. Спектрометр

MLS (Microwave Limb Sounder) проводит спектральные микроволновые измерения излучения горизонта Земли, позволяет определять профили температуры и содержание парниковых газов на различных высотах.

На японском спутнике GOSAT функционируют два прибора: интерферометр TANSO-FTS и видеоприбор TANSO-CAI (Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observations-Cloud and Aerosol Imager). Эти приборы измеряют содержание углекислого газа, метана, водяного пара и других газов в отдельных точках земной поверхности [5].

Все источники метана обычно делят на две большие группы: естественные и антропогенные. К первым относят потоки  $CH_4$  с поверхности заболоченных территорий, пресноводных водоемов, океанической поверхности, а также метан, образующийся в колониях термитов и выделяемый при сжигании огромных объемов биомассы в результате пожаров. Средние вертикальные профили метана для различных регионов Казахстана показаны на рис. 1 (а – зимний, б – летний период). За зимний период больших различий в вертикальном распределении метана по разным регионам не наблюдается, тогда как в летнее время максимум наблюдается в северном регионе. Объяснение этому может послужить тот факт, что в летнее время на юге из-за высокой температуры выброс метана существенно уменьшается.

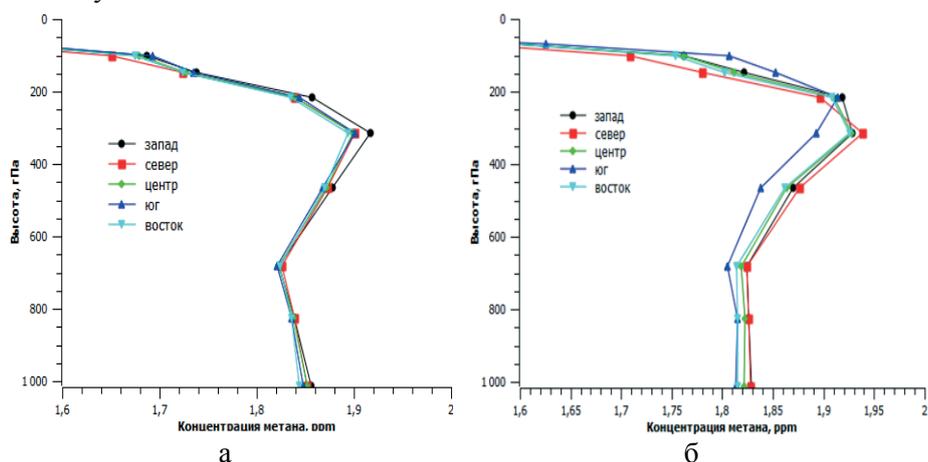


Рис. 1. Средние вертикальные профили метана за зимний (а) и летний (б) периоды для различных регионов Казахстана.

Метан высвобождается при естественных процессах, которые происходят, например, на затопляемых территориях. Это может быть северо-восточное побережье Каспийского моря или устья рек, впадающих в Аральское море. Среднее содержание метана в атмосферном столбе за 2010 год по терри-

тории Казахстана по данным спектро радиометра TES показано на рис. 2. Максимальное значение содержания метана порядка  $3,8 \cdot 10^{19}$  молекул/см<sup>2</sup> наблюдается на территории северного Прикаспия и Приаралья.

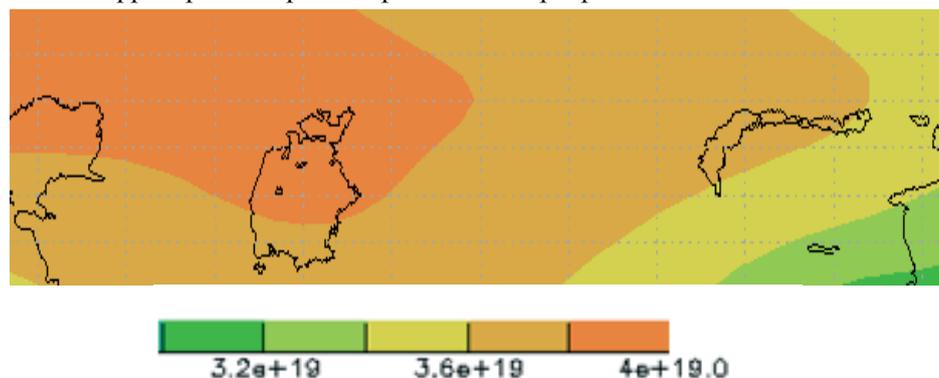


Рис. 2. Среднее содержание метана (молекул/см<sup>2</sup>) в атмосферном столбе за период март – декабрь 2010 года по территории Казахстана.

Сезонные изменения содержания  $CH_4$  в атмосфере определяются меняющимся соотношением интенсивности процессов его образования и разрушения. На рис. 3 показаны средние по территории Казахстана профили концентрации метана за 2005 и 2010 гг. Зимой 2010 г. содержание метана было чуть больше, чем летом. Снижение концентрации метана за летний период объясняется тем, что именно в это время, в условиях более яркого солнечного излучения, с максимальной активностью происходит окисления его гидроксильным радикалом. Если бы не этот механизм изъятия метана из атмосферы, то летнее его содержание в атмосфере должно было быть больше, чем зимой, так как активность бактерий, производящих метан, летом максимальна. Молекулы метана взаимодействуют с активными молекулами гидроксила ( $OH$ ) и атомами хлора ( $Cl$ ), а также возбужденного кислорода ( $O$ ). В тропосфере разрушение  $CH_4$  происходит главным образом в реакции с  $OH$ , в верхней стратосфере возможна реакция метана с атомарным хлором. Молекула  $CH_4$ , по разным оценкам, живет в атмосфере 8...12 лет.

В настоящее время на полярных орбитах действуют пять спутников, оснащенных ИК спектрометрами высокого разрешения. Это TES (Tropospheric Emission Spectrometer) на спутнике AURA (NASA, США), AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) на спутнике AQUA (NASA, США), SCIAMACHY (SCanning Imaging Absorption SpectroMeter) на спутнике ENVISAT (ESA), IASI на спутнике METOP-A (ESA), TANSO-FTS на

спутнике GOSAT (JAXA, Япония). Эти приборы подходят для задач мониторинга парниковых газов.

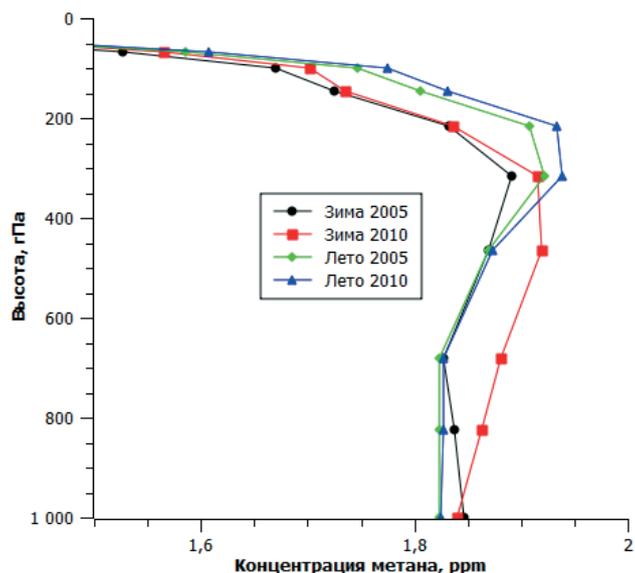


Рис. 3. Средние вертикальные профили метана по территории Казахстана.

За зимний период в разных регионах Казахстана больших различий в вертикальном распределении метана не наблюдается, в то время как в летнее время максимум наблюдается в северном регионе. В летнее время на юге выброс метана существенно уменьшается.

Максимальное значение содержания метана порядка  $3,8 \cdot 10^{19}$  молекул/см<sup>2</sup> наблюдается на территории северного Прикаспия и Приаралья. Можно предположить, что метан высвобождается на затопляемых территориях северо-восточного побережья Каспийского моря и устья реки Сыр-Дарья.

Зимой 2010 года среднее содержание метана было чуть больше, чем летом. В условиях более яркого солнечного излучения, с максимальной активностью происходит окисления его гидроксильным радикалом, что приводит к снижению концентрации метана за летний период. Это означает, что сезонные изменения содержания  $CH_4$  в атмосфере определяются интенсивностью процессов его образования и разрушения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Голицын Г.С., Гинзбург А.С. Оценки возможности «быстрого» метанового потепления 55 млн. лет назад // Доклады РАН. 2007. – Т. 413. – №6. – С. 816-819.

- 2 Грибанов К.Г., Имасу Р., Топтыгин А.Ю., Блойтен В., Наумов А.В., Захаров В.И. Метод и результаты по определению метана в атмосфере Западной Сибири из данных сенсора AIRS // Оптика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 20. – №10. – С. 881-886.
- 3 Успенский А.Б. Романов С.В., Троценко А.Н. Применение метода главных компонент для анализа ИК-спектров высокого разрешения, измеренных со спутников // Исследование Земли из космоса. – 2003. – Т.3. – С. 1-8.
- 4 F. Keppler et al. Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions // Nature. 2006. – V. 439. – P. 187-191.
- 5 Thermal and near infrared Sensor for carbon observation (TANSO) [Электрон. ресурс] – URL: [http://www.gosat.nies.go.jp/eng/proposal/download/GOSAT\\_RA\\_2nd\\_A\\_en.pdf](http://www.gosat.nies.go.jp/eng/proposal/download/GOSAT_RA_2nd_A_en.pdf) (дата обращения 15.06.2013)

Поступила 3.09.2013

Техн. ғылымд. докторы	А.Х. Ахмеджанов
Техн. ғылымд. канд.	Т.К. Караданов
	А.Н. Искаков

#### **СЕРІКТІК МӘЛІМЕТТЕР НЕГІЗІНДЕ ҚАЗАҚСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ МЕТАННЫҢ ТАРАЛУЫ**

*Ғарыштық зондылау мәліметтері бойынша, Қазақстанның әр түрлі аймақтарында метанның атмосферадағы мезгілдік вертикальді таралуы қарастырылды. Қазақстанның территориясы бойынша атмосфералық бағандағы метанның орташа мөлшері алынды. Солтүстік Каспий жағалауы мен Арал жағалауында метанның максималды шамасының мөлшері байқалған, және оның мөлшері  $3.8 \cdot 10^{19}$  молекул/см<sup>2</sup> құрайды.*