

Категория		
НО:		Просачивание из недр
ИНЗВ:	<b>1109 110900</b>	Просачивание из недр Просачивание из недр
МСОК:		
Версия	<b>Руководство 2009</b>	

**Основные авторы**

Джузеппе Эттийоп

**Соавторы (включая лиц, внесших свой вклад в разработку предыдущих версий данной главы)**

Нильс Иверсен, Майк Вудфилд, Вильфрид Винивартер

## Оглавление

1	Общие сведения .....	3
2	Описание источников .....	3
2.1	Описание процесса .....	3
2.2	Методики .....	5
2.3	Выбросы .....	5
2.4	Средства регулирования .....	5
3	Методы .....	6
3.1	Выбор метода .....	6
3.2	Подход Уровня 1 по умолчанию .....	6
3.3	Технологический подход Уровня 2 .....	7
3.4	Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных .....	9
4	Качество данных .....	9
4.1	Полнота .....	9
4.2	Предотвращение двойного учета с другими секторами .....	9
4.3	Проверка достоверности .....	9
4.4	Разработка согласуемых временных рядов и пересчет .....	9
4.5	Оценка неопределенности .....	10
4.6	Обеспечение/контроль качества инвентаризации ОК/КК .....	10
4.7	Координатная привязка .....	10
4.8	Отчетность и документация .....	10
5	Глоссарий .....	11
6	Список цитированной литературы .....	11
7	Наведение справок .....	12

# 1 Общие сведения

Исследования, проводимые с 2000 года показали, что выбросы метана из недр являются важным глобальным источником парниковых газов (Etiope, 2004; Kvenvolden и Rogers, 2005г.; Etiope и др. 2008г.). Следует признать, что значительное количество метана, вырабатываемое в земной коре, высвобождается естественным образом в атмосферу через разломы и трещины в породе. Основные выбросы связаны с добычей углеводородов в осадочных бассейнах (микробиальный и термогенный метан), с непрерывным выделением и извержениями более чем 1 200 наземных и подводных грязевых вулканов, более 10 000 наземных и мелководно-морских просачиваний и с диффузными микропросачиваниями сквозь почву. В частности, необходимо рассмотреть шесть категорий источников: грязевые вулканы, просачивания газа (независимо от грязевого вулканизма), микропросачивания (диффузные выделения из почвы в нефтегазоносных бассейнах), подводные просачивания, геотермальные (невулканические) проявления и вулканы. Глобальные выбросы оцениваются в пределах от 42 до 64 Tg y<sup>-1</sup> (среднее из 53 Tg y<sup>-1</sup>), что составляет почти 10% от общего объема выбросов CH<sub>4</sub>, данный источник является вторым по значимости источник геологического метана после водно-болотных угодий. Источники геологического CH<sub>4</sub> будут также представлять собой пропущенный источник ископаемого метана, в ходе недавней переоценки запас ископаемого метана в атмосфере был признан на уровне около 30 %; (Lassey и др., 2007г.; Etiope и др. 2008г.), он влияет на общие выбросы ископаемого метана намного сильнее, чем топливная промышленность. По оценке общие выбросы геологического CH<sub>4</sub> находятся на одном и том же или более высоком уровне, чем другие источники или приемники, рассмотренные в таблицах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), такие как сжигание биомассы, термиты и освоение почв. Последние исследования показывают, что дегазация Земли также составляет не менее 17 % и 10 % от общего количества выбросов этана и пропана (Etiope и Ciccioли, 2009).

## 2 Описание источников

### 2.1 Описание процесса

Просачивание из недр – это естественное высвобождение газа, в основном, метана, вырабатываемого в литосфере (Etiope и Klusman, 2002г.). Газ естественным образом высвобождается в атмосферу через газопроницаемые разломы и трещины в горной породе, главным образом за счет перепадов давления (и плотности) в литосфере. До сих пор термин «геологический метан» использовался со ссылкой на «ископаемый» метан (Etiope и Klusman, 2002; Kvenvolden и Rogers, 2005), который не содержит радиоактивного углерода (старше примерно 50000 лет) и его можно отличить от «современного» газа, полученного из послеледниковых органических веществ из почвы или мелководных отложений в ходе радиоуглеродного анализа (<sup>14</sup>C-CH<sub>4</sub>). Однако метан, образованный в осадочных отложениях в поздний плейстоценовый и голоценовый периоды в устьях рек, дельтах и бухтах или запертый под замерзшими отложениями, также можно рассматривать как геологический, даже если он не ископаемый. Этот «послеледниковый» газ в своих работах широко обсуждали Judd (2004г.) и Judd и Hovlland (2007г.). Современный микробиальный метан, полученный в процессе недавней микробной деятельности, должен рассматриваться в литературе в таких категориях источников как торфяники, водно-болотные угодья и океаны.

Выработка ископаемого метана в осадочных бассейнах возможно благодаря микробиальным и термогенным процессам. Микробиальный CH<sub>4</sub> образуется в результате бактериального распада органического вещества в осадочных отложениях, обычно с характерным составом δ<sup>13</sup>C<sub>CH<sub>4</sub></sub> от –55 до –85 ‰. На больших глубинах термогенный CH<sub>4</sub> получают в результате термического распада органического вещества или тяжёлых углеводородов с составом δ<sup>13</sup>C<sub>CH<sub>4</sub></sub> от –25 до –50 ‰. Миграция и накопление в стратиграфических и структурных ловушках подробно описаны в литературе по геологии нефти (Hunt, 1996г.).

Крупнейшие выбросы  $\text{CH}_4$  в атмосферу происходят в результате макропросачивания, в частности от грязевых вулканов. Эти конусообразные структуры образуются над разломами посредством адвективных восходящих осадочных отложений (грязи), псевдооживленных газом и водой. Газ - почти всегда термогенный  $\text{CH}_4$  (Еtiопе и др. 2009). Грязевые вулканы появляются над и залежами нефти и газа на территории Альпийско-Гималайского, Тихоокеанского и Карибского бассейнов, более 900 вулканов находятся на земле и более чем 300 - на океанском шельфе. Газ высвобождается при непрерывных (сравнительно устойчивые) выделениях из кратеров, каналов вулканов и окружающей почвы, при кратковременных выбросах и извержениях (Korpf, 2002г.; Еtiопе и Milkov, 2004г. и цитированная литература, указанная в данном документе).

Микропросачивание – это медленная, непрерывный вынос  $\text{CH}_4$  и легких алканов с глубины 2-5 км в осадочных бассейнах, где происходит термический распад природных органических веществ (Еtiопе и Klusman, 2002г.). В основном, это повсеместно распространённые диффузные выделения метана из почвы в результате естественной миграции газа из подземных резервуаров углеводородов. Микропросачивание может создавать положительные потоки или уменьшение отрицательных потоков метана в засушливых районах, что свидетельствует о том, что метанотрофное расхождение в почве может быть ниже, чем поступление из подземных источников. Положительные потоки, как правило, составляют порядка нескольких единиц или десятков единиц  $\text{м}^2\text{д}^{-1}$ , но могут быть на уровне ста единиц на сильно деформированных и повреждённых участках.

Просачивание термогенного  $\text{CH}_4$  в морской среде происходит несколько иначе, чем в наземной среде. Углеводороды, проходящие через осадочные отложения, могут потребляться сульфатредуцирующими бактериями. В водяной толще происходит частичное или полное растворение, а затем окисление. Степень растворения в морской воде зависит как от глубины моря, так и от размера пузырьков, поднимающихся к поверхности. Модели и полевые данные показывают, что только подводное просачивание, происходящее на глубине менее чем 200–300 м, может оказывать значительное воздействие на атмосферу (Judd и др., 1997г.; Judd и др., 2002г.).

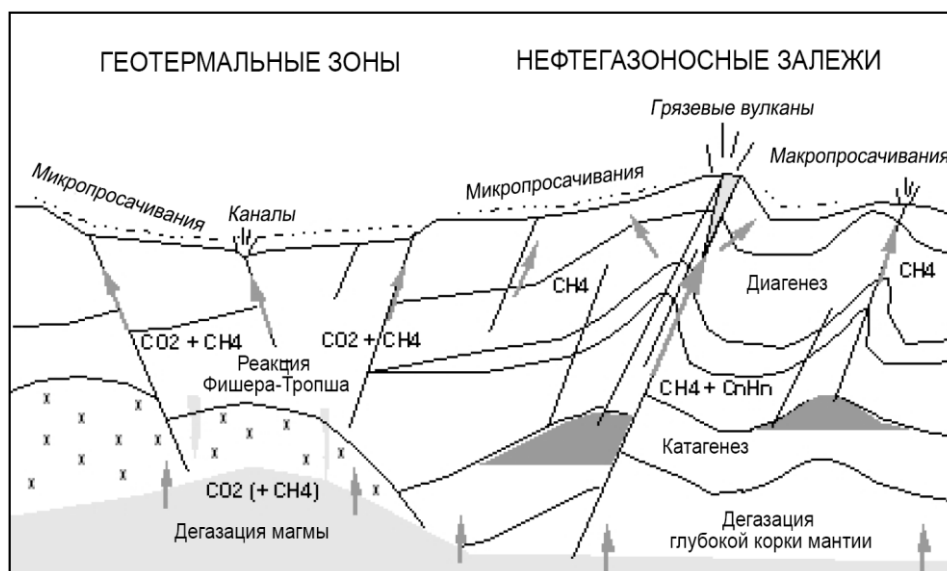


Рисунок 2-1 Схема просачивания из недр (от Еtiопе и Klusman, 2002г.)

В отличие от процессов, происходящих в осадочных бассейнах,  $\text{CH}_4$  в геотермальной жидкости и связанные с ним поверхностные проявления (фумаролы, мофетты) присутствуют в малых количествах (обычно 0,001–1 %). Поток в атмосферу, тем не менее, является значительным. Аномальные концентрации  $\text{CH}_4$  часто встречаются в почве

активных геотермальных районов. Более интенсивный поток  $\text{CH}_4$  обычно наблюдается над разломами, которые пересекают паровую кровлю пласта или более обширный участок с доминирующей жидкостью геотермального резервуара (Etiope и др., 2007г.).

## 2.2 Методики

Локальные измерения потока можно проводить несколькими методами, включая:

- систему с закрытой камерой
- систему «опрокинутая воронка»
- флюксометры

связанные с газо-хроматографическими, инфракрасными, лазерными датчиками.

Эти методы описаны в работах Etiope и др. (2002, 2004г.г.) и Klusman и др., (2002г.).

Выбросы от извержений в некоторых случаях оцениваются визуальными или косвенными методами.

## 2.3 Выбросы

Природный газ состоит преимущественно из метана ( $\text{CH}_4$ ), но в меньшей степени также высвобождаются другие алканы (этан, пропан, бутан). Глобальные выбросы этана и пропана от геологических источников составляют примерно 10 % и 17 % от общих выбросов, соответственно (Etiope и Ciccioi, 2009г.).

Типичный состав газа, высвобождающегося в районах с осадочными породами (склонными к содержанию углеводородов) и геотермальных районах:

Сектор	$\text{CH}_4$ % v	$\text{CO}_2$ % v	$\text{N}_2$ % v	$\text{C}_2\text{H}_6$ % v	$\text{H}_2\text{S}$ % v
Осадочный	90–99	0,1–10	0–5	0,0001–1	0–1
Геотермальный	0,001–3	70–99	0,1–10*	< 0,004	0–3

Примечание:

При некоторых условиях, геотермальный и осадочный газ может быть обогащен  $\text{N}_2$ , в концентрации до 90–95 %.

Механизмы выбросов включают в себя:

- непрерывную дегазацию из макро- и микропросачиваемой почвы (низкая суточная и сезонная изменчивость);
- прерывистая дегазация от макропросачивания (пузырящиеся бассейны, фонтаны);
- эпизодические извержения от макропросачивания (взрывы грязевых вулканов или сухие каналы вулканов).
- 

## 2.4 Средства регулирования

Средств регулирования естественных выбросов нет по определению.

## 3 Методы

### 3.1 Выбор метода

Из-за неоднородности структуры выбросов (как в пространстве, так и во времени), любой современный метод оценки выбросов должен основываться на измерениях. Исходя из знаний о геологических областях, типовые методы охвата зон источников включают в себя накопительные камеры и лазерные датчики. Подробное описание методологии, используемой для измерения потоков и определения выбросов, представлено в Etiope и др., (2002г., 2004г., 2007г.) и Etiope и Milkov (2004г.).

Выбор метода зависит от типа выбросов: микропросачивание, макропросачивание, подводное просачивание и геотермальные выбросы.

Расчет выбросов от микропросачивания в настоящее время основывается на усреднении влияния месторождений на поддающихся учету однородных участках (коэффициент выбросов  $\times$  площадь просачивания).

Расчет выбросов от макропросачивания производится путем суммирования компонентов потока макропросачивания и компонентов микропросачивания.

Оценка подводных потоков газа происходит, как правило, на основе данных геофизических снимков (данные эхолотов, сейсмографов, профиломеров твёрдого дна и записи гидролокаторов с боковым сканированием), иногда оценивание параметров пузырей (размер струй пузырьков и отдельных пузырей) связано с геохимическим анализом морской воды (например, Judd и др., 1997).

Для геотермальных районов, в случае если нет возможности непосредственного измерения  $\text{CH}_4$ , выбросы метана можно оценить, зная потока  $\text{CO}_2$  и соотношение концентрации  $\text{CO}_2/\text{CH}_4$  или поток пара и соотношение концентрации пар/ $\text{CH}_4$  (Etiope и др., 2007).

### 3.2 Подход Уровня 1 по умолчанию

#### 3.2.1 Алгоритм

Расчет выбросов от микропросачивания в настоящее время основывается на усреднении влияния месторождений на поддающихся учету однородных участках, с расчетами типа:

$$E = A \times \langle F \rangle$$

где

$A$  = площадь в  $\text{км}^2$  или  $\text{м}^2$ , и

$\langle F \rangle$  = среднее значение параметров потока ( $\text{т км}^{-2} \text{у}^{-1}$  или  $\text{кг м}^{-2} \text{день}^{-1}$ ).

Расчет выбросов от макропросачивания производится путем суммирования компонентов потока макропросачивания ( $E_{\text{макро}} = \sum F_{\text{поток}}$ , сумма всех потоков через каналы, измеренных или оцененных) и компонентов микропросачивания ( $E_{\text{микро}} = A \times \langle F \rangle$ ).

### 3.2.2 Коэффициенты выбросов по умолчанию

Даже для простой методологии, рассматриваемые коэффициенты выбросов основываются на уровнях дегазации в зависимости от типа источника и его однородного распределения. Коэффициенты выбросов и уровни дегазации непосредственно описаны в Разделе Уровня 2.

### 3.2.3 Данные по осуществляемой деятельности

Размер макро- и микропросачивания, распределение и объем статистики описаны в работах Etiope (2009г.), Etiope и Klusman (2002г., 2009г.), Etiope и Milkov (2004г.), Etiope и др (2004г. а, б). Эти данные взяты в основном из исследований по геологии и геохимии нефти, где просачивания углеводорода часто свидетельствуют о подземных нефтяных запасах. Очевидно, что все просачивания и микропросачивания происходят на территории нефтеносных бассейнов, в частности, на территории Общих нефтяных систем (TPS, Etiope и Klusman, 2009г.). Размер отдельных площадей и точечных источников определяют с помощью полевых измерений и спутниковых наблюдений.

## 3.3 Технологический подход Уровня 2

### 3.3.1 Алгоритм

Коэффициенты выбросов для подход Уровня 1 ( $E = A \times <F>$ ) можно использовать, но с более высокими уровнями разукрупнения, как указано ниже.

### 3.3.2 Коэффициенты выбросов, характерные для технологии

Потоки от залежей углеводородов

Коэффициенты выбросов от микропросачивания можно разделить на три основных класса (Etiope, 2009г.; Etiope и Klusman, 2009г.):

- уровень 1: высокое микропросачивание ( $> 50 \text{ мг м}^{-2} \text{ д}^{-1}$ );
- уровень 2: среднее микропросачивание ( $5\text{--}50 \text{ мг м}^{-2} \text{ д}^{-1}$ );
- уровень 3: низкое микропросачивание ( $0\text{--}5 \text{ мг м}^{-2} \text{ д}^{-1}$ ).

Уровни 1 и 2 в основном встречаются на участках, где существует макропросачивание, и в осадочных бассейнах в целом, в зимний период. По данным 563 измерений, проведенных в сухих почвах в различных нефтегазоносных бассейнах США и Европы, 276 из них имеют положительные потоки (49 %); 5 % находятся в диапазоне 1 уровня (в среднем  $210 \text{ мг м}^{-2} \text{ д}^{-1}$ ); на 2 уровень приходится примерно 11 % измеренных участков (в среднем  $14,5 \text{ мг м}^{-2} \text{ д}^{-1}$ ); уровень 3 характерен для зимнего периода, а вовсе не для зоны макропросачивания, на которую приходится около 33 % измеренных осадочных зон (в среднем  $1,4 \text{ мг м}^{-2} \text{ д}^{-1}$ ). Такие коэффициенты выбросов и связанные с ними проценты должны быть оценены лучше, их необходимо уточнять путем проведения дальнейших измерений на различных участках и типах почв.

Газовые выбросы при макропросачивании могут быть разнообразными. Одиночные каналы или кратеры небольших грязевых вулканов (1–5 м в высоту) могут испускать от единиц до десятков тонн выбросов в год. Полный грязевой вулкан (с десятками или сотнями каналов) может делать непрерывно от нескольких сотен до нескольких тысяч тонн выбросов в год.

Во время извержения грязевых вулканов могут высвободиться тысячи тонн  $\text{CH}_4$  за несколько часов. За период с 1810 года по настоящее время, в Азербайджане зафиксировано более 250 извержений, 60 из них – грязевых вулканов.

На всех исследованных территориях с грязевыми вулканами, характерный поток, включая микропросачивание и макропросачивания (за исключением извержений), как правило, составляет от 100 до  $1\,000 \text{ т км}^{-2} \text{ г}^{-1}$ .

Эти данные – результат исследований, проведенных в США, Европе (Италии, Румынии, Греции) и Азербайджане, включая более 600 измерений микропросачиваний потока и десятки измерений макропросачивания потока (Etiope, 2009г.; Etiope и Klusman, 2009г.).

Подводные просачивания могут испускать порядка  $10^3$ – $10^6$  т г<sup>-1</sup> газовых выбросов от месторождений, территория которых составляет более  $10^5$  км<sup>2</sup> (Judd и др., 1997г.). Поток от отдельных просачиваний или групп пузырьковых струй составляет порядка  $10^0$ – $10^4$  т г<sup>-1</sup>, но большинство просачиваний обычно дают в результате  $< 100$  т г<sup>-1</sup>. Основной проблемой региональных и глобальных оценок является неопределенность по действительной площади активного просачивания.

Геотермальные и вулканический потоки

Вулканы не являются существенным источником метана. Концентрация метана в вулканических газах, как правило, составляет порядка нескольких частей на миллион по объему, а выбросы, получаемые из соотношений газов CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> или H<sub>2</sub>O/CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub> или H<sub>2</sub>O, в диапазоне от нескольких единиц до десятков т / год.

Вместо этого, выбросы метана от геотермальных жидкостей (где неорганический синтез, термо-метаморфизм и термический распад органических веществ являются существенными) могут быть значительными.

Состав газа из геотермальных каналов, мофетт или бьющих источников более чем на 90% состоит из CO<sub>2</sub>. Доля CH<sub>4</sub> невелика, как правило, она составляет от 0,01 до 1%, но общее количество испускаемого газа составляет порядка  $10^3$ – $10^5$  т г<sup>-1</sup>. Это может привести к значительным выбросам CH<sub>4</sub> в атмосферу ( $10^1$ – $10^2$  т/г от отдельных каналов). Отдельный поток от дегазации почвы составляет обычно порядка 1–10 т км<sup>-2</sup> г<sup>-1</sup> (Etiope и др., 2007г.).

Территориальное разукрупнение

Можно выделить три основных уровня территориального разукрупнения:

- площадь, где находятся проверенные потоки;
- площадь, где находятся макропросачивания (где вероятно микропросачивание);
- площадь, где находятся нефтегазовые месторождения (где вероятно микропросачивание).

Эта классификация может быть использована при укрупнении ячейки математической модели, но в настоящее время подробных карт или баз данных GIS нет. Определение площади, используемой для расчета выбросов, зависит от выявления однородных поддающихся учёту участков и пространственной изменчивости измеренного потока.

Временное разукрупнение

Постоянный поток выбросов предполагается, так как в противном случае временное разукрупнение должно основываться на наблюдениях, т.е. на событиях. В качественном плане известно, что зимой микропросачивание выше, а летом ниже из-за разной метанотрофной активности за два сезона удаления метана до того, как он сможет достичь атмосферы.

Прочие краткосрочные или сезонные изменения могут быть связаны с метеорологическими и почвенными условиями.

Долговременные изменения (на протяжении нескольких лет, декад, веков, тысячелетий) могут быть вызваны эндогенными факторами (изменениями градиента давления в породе, тектоническим напряжением и т. д.). Для того, чтобы точно определить критерии дегазации, необходимы новые исследования.

### 3.3.3 Устранение загрязнений окружающей среды

Не применяется.



### 3.4 Моделирование выбросов Уровня 3 и использование объектных данных

Производить оценку выбросов можно на основе процессов геологического моделирования, которые необходимо развивать. Такое моделирование должно основываться на оценке зависимости между потоком и факторами, такими как почвенные, геологические и геофизические.

В частности, необходимо работать над разработкой четырех общих моделей просачивания метана: от грязевых вулканов, микропросачивания, мелководно-морских просачиваний и геотермальных зон. Зная основные факторы, влияющие на миграцию газов и их выход в атмосферу (например, вторичная проницаемость пород, давление жидкости в породе, свойства почвы, потребление метана; некоторые параметры будут измерены, другие – выведены из различных геологических данных), можно будет разработать модель на уровне процесса, способную спрогнозировать уровень выбросов метана. Помимо геологических и почвенных факторов, необходимо также рассмотреть, например, зависимость микробиальной активности от температуры и от содержания воды в почве.

## 4 Качество данных

### 4.1 Полнота

Существует общая база данных для потоков от микропросачивания, из которой получают коэффициенты выбросов (Etiope и Klusman, 2009г.). Она основывается на сотнях данных из Европы, Евразии и США. Есть наземные измерения потоков от макропросачивания, в основном, от проявлений в Европе и Азербайджане (Etiope, 2009г.). Некоторые оценки по макропросачиванию сообщаются в Азию и США. Данные по подводным выбросам получены, в основном, из США (шельфовые зоны Калифорнии, Мексиканский залив), Северного моря, Черного моря, Испании, Дании, Тайваня и Японии. Однако во многих случаях данные касаются выхода газа с морского дна в толщу воды, а не в атмосферу.

### 4.2 Предотвращение двойного учета с другими секторами

Природные просачивания газа из недр достаточно хорошо определены, и обычно двойной учет с другими секторами невозможен. Однако, в некоторых случаях, значительное количество метана, залегающее в мёрзлых отложениях, озерах и недавно образованных морских отложениях, может быть «ископаемым», и поэтому его следует рассматривать как геологический метан, а не учитывать в секторах «биологических источников».

### 4.3 Проверка достоверности

Анализ-обследование в основных районах можно проводить периодически для проверки и измерения активности газовых проявлений (макропросачивания) и появления микропросачиваний из почвы.

### 4.4 Разработка согласуемых временных рядов и пересчет

Какая-то специфика отсутствует.

## 4.5 Оценка неопределенности

Основные параметры, используемые в расчетах, - это данные по площади и коэффициенты выбросов. Однако их неопределенность значительно варьируется, если они вызваны микро- или макропросачиваниями.

В случае с микропросачиваниями, большая часть неопределенностей возникает из-за оценок площадей, фактически испускающих газы. Поскольку границы месторождения, испускающего метан, не определены, сложно определить точный размер испускающей площади. В настоящее время, оценка производится на основе распределения нефтяных месторождений; существует предположение, что около 50 % площадей нефтяных месторождений имеют положительные потоки  $\text{CH}_4$  из почвы. Области, отмеченные на картах нефтяных месторождений, превращают в полигоны, которые затем используют для расчетов. Начерченные полигоны – грубый метод оценки площади испускающего участка поверхности. Кроме того, использование полигонов с большой степенью вероятности может привести к пере- и/или недооценке испускающих областей. Так или иначе, в общем сценарии полученные значения выбросов могут быть ближе к реальности, чем можно было бы подумать, потому что ошибки в оценке площадей сбалансированы.

Что касается макропросачивания, то главный источник неопределенностей – это временные изменения в выбросах. Большая часть выбросов происходит во время «отдельных» событий/извержений. Их сложно смоделировать, при этом выбросы, получаемые в результате, также трудно поддаются количественной оценке. Таким образом, расчеты, как правило, производятся со ссылкой на предположение о непрерывном испускании газа из учтенных каналов вулкана. Кроме того, учет каналов вулканов является дополнительным источником неопределенности. Источники, касающиеся макропросачивания, есть как на суше, так и в море, с подводными каналами вулканов, вносящими весомый вклад в общие выбросы этой группы. Было обнаружено и изучено большое количество наземных крупных макропросачиваний, но большая часть более мелких макропросачиваний еще не обследована и не оценена.

В основном, неопределенность локальных измерений потока может варьироваться от 5 до 20%. Неопределенность коэффициентов выброса может составлять порядка 10–50 %. Определенность «характерного значения» значительно выше, чем полного диапазона выбросов.

## 4.6 Обеспечение/контроль качества инвентаризации ОК/КК

Настоящий кадастр потоков и коэффициенты выбросов публикуются в рецензируемых научных журналах.

## 4.7 Координатная привязка

Какая-то специфика отсутствует.

## 4.8 Отчетность и документация

См. раздел 6.

## 5 Глоссарий

Макропросачивания: видимые проявления испускания газа на поверхности земли на залежах углеводородов (в основном, метан).

Микропросачивание: невидимые выделения газа из почвы в атмосферу на углеводородных залежах (в основном, метан).

Грязевой вулкан: конусообразные проявления газа, водных и грязевых выбросов (тип макропросачиваний, на углеводородных залежах (в основном, метан).

Газовые каналы: общий термин для газовых проявлений, но специально принятый для геотермальной/вулканической среды (в отличие от макропросачиваний в нефтеносных районах).

## 6 Список цитированной литературы

Etiope, G., 2004. 'GEM — Geologic Emissions of Methane, the missing source in the atmospheric methane budget', *Atmospheric Environment*, Vol. 38, No 19, pp. 3099–3100.

Etiope, G., 2009. 'Natural emissions of methane from geological seepage in Europe', *Atmospheric Environment*, 43, pp. 1430–1443, doi:10.1016/j.atmosenv.2008.03.014.

Etiope, G., Baciuc C., Caracausi A., Italiano F., Cosma C., 2004a. 'Gas flux to the atmosphere from mud volcanoes in eastern Romania', *Terra Nova*, 16, pp. 179–184.

Etiope, G., Caracausi A., Favara R., Italiano F., Baciuc C., 2002. 'Methane emission from the mud volcanoes of Sicily (Italy)', *Geophysical Research Letters*, Vol 29, No 8, 10.1029/2001GL014340.

Etiope, G. Ciccioli P., 2009. 'Earth's degassing — A missing ethane and propane source', *Science*, Vol. 323, No 5913, p. 478, doi: 10.1126/science.1165904.

Etiope, G., Feyzullaiev, A., Baciuc, C.L., Milkov, A.V., 2004b. 'Methane emission from mud volcanoes in eastern Azerbaijan', *Geology*, Vol. 32, No 6, pp. 465–468.

Etiope, G., Feyzullayev, A., Baciuc, C.L. 2009. 'Terrestrial methane seeps and mud volcanoes: a global perspective of gas origin', *Marine and Petroleum Geology*, 26, pp. 333–344, doi:10.1016/j.marpetgeo.2008.03.001.

Etiope, G., Fridriksson, T., Italiano, F., Winiwarter, W., Theloke, J., 2007. 'Natural emissions of methane from geothermal and volcanic sources in Europe', *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, doi:10.1016/j.jvolgeores.2007.04.014.

Etiope, G., Klusman, R.W., 2002. 'Geologic emissions of methane to the atmosphere', *Chemosphere*, 49, pp. 777–789.

Etiope G., Klusman, R.W., 2009. 'Microseepage in drylands: flux and implications in the global atmospheric source/sink budget of methane', *Global Planet. Change*, in press.

Etiope, G., Lassey, K.R., Klusman, R.W., Boschi, E. 2008. 'Reappraisal of the fossil methane budget and related emission from geologic sources', *Geophysical Research Letters*, 35, L09307, doi:10.1029/2008GL033623.

Etiope, G., Milkov, A.V., 2004. 'A new estimate of global methane flux from onshore and shallow submarine mud volcanoes to the atmosphere', *Environmental Geology*, 46, pp. 997–1002.

Hunt, J.M., 1996. *Petroleum geochemistry and geology*, W.H. Freeman and Co., New York, p. 743.

Judd A.G., Davies J., Wilson J., Holmes R., Baron G. and Bryden I., 1997. 'Contributions to atmospheric methane by natural seepages on the UK continental shelf', *Marine Geology*, 137, pp. 165–189.

Judd AG, Hovland M, Dimitrov LI, Garcia Gil S, Jukes V (2002). The geological methane budget at Continental Margins and its influence on climate change', *Geofluids* 2, pp. 109–126.

Klusman, R.W., Leopold, M.E., LeRoy, M.P., 2000. 'Seasonal variation in methane fluxes from sedimentary basins to the atmosphere: Results from chamber measurements and modeling of transport from deep sources', *Journal of Geophysical Research*, 105D, pp. 24661–24670.

Kopf, A.J. 2002. 'Significance of mud volcanism', *Reviews of Geophysics* 40:10.1029/2000RG000093, p. 52.

Kvenvolden, K.A., Rogers B.W., 2005. 'Gaia's breath - global methane exhalations', *Marine and Petroleum Geology*, 22, pp. 579–590.

Lassey, K.R., Lowe, D.C., Smith, A.M., 2007. 'The atmospheric cycling of radiomethane and the 'fossil fraction' of the methane source', *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, pp. 2141–2149.

## 7 Наведение справок

Все вопросы по данной главе следует направлять соответствующему руководителю (руководителям) экспертной группы по транспорту, работающей в рамках Целевой группы по инвентаризации и прогнозу выбросов. О том, как связаться с сопредседателями ЦГИПВ вы можете узнать на официальном сайте ЦГИПВ в Интернете ([www.tfeip-secretariat.org/](http://www.tfeip-secretariat.org/)).