

## Дополнение 3 Выбросы CH<sub>4</sub> от затопляемых земель: основа для будущей методологической разработки

Настоящее Дополнение представляет собой скорее основу для будущей методологической разработки, чем полное руководящее указание.

Затопляемые земли могут выделять значительные количества CH<sub>4</sub> в зависимости от различных факторов, например, возраста и глубины водохранилища, землепользования до затопления, климата и практики управления. В противоположность выбросам CO<sub>2</sub> выбросы CH<sub>4</sub> отличаются высокой пространственной и временной изменчивостью. Проводимые измерения потоков CH<sub>4</sub> от затопляемых земель недостаточно полны, чтобы их можно было бы использовать для разработки точных коэффициентов выбросов по умолчанию (в частности, для пузырьковых выбросов и дегазирующих выбросов). Кроме того, отсутствуют данные для стран, значительная часть территории которых покрыта водохранилищами, как, например, Индия, Китай и Россия.

Исследования с использованием измерений не дают оснований считать, что прошедшее с затопления время оказывает существенное влияние на потоки CH<sub>4</sub> от водохранилищ в бореальной и умеренной зонах. В тропической зоне верно обратное; здесь прошедшее с затопления время может оказать существенное влияние на диффузионные, пузырьковые метановые и дегазирующие выбросы. Эта тенденция наблюдалась только на водохранилище Пти-Со во Французской Гвиане (Abril *et al.*, 2005); тем не менее, на некоторых старых водохранилищах в тропической зоне наблюдается высокий уровень пузырьковых выбросов (Duchemin *et al.*, 2000; Stallard and Keller, 1994). Модель, разработанная на примере Пти-Со, очень хорошо предсказала концентрации растворенного CH<sub>4</sub> в одном из водохранилищ в Кот-д'Ивуаре (Galy-Lacaux *et al.*, 1998).

Данные подтверждают, что на затопляемых землях выделение CH<sub>4</sub> происходит, как правило, исключительно из затопляемых почв; образование этого газа способно поддерживать существенные потоки на границе раздела вода-воздух (Houel, 2003; Duchemin, 2000; Abril *et al.*, 2005).

### 3а.1 Затопляемые земли, остающиеся затопляемыми землями

В настоящем разделе представлена информация о том, каким образом производить оценку выбросов CH<sub>4</sub> от *затопляемых земель, остающихся затопляемыми землями*. Эта информация почерпнута из имеющейся литературы и должна помочь странам, желающим разработать предварительные оценки выбросов CH<sub>4</sub> из этого источника. Страны с потенциально значительными выбросами CH<sub>4</sub> от затопляемых земель, желающие указать в отчетности эти выбросы, должны рассмотреть возможность разработки конкретных для себя коэффициентов выбросов для снижения общей неопределенности. Указания по разработке таких коэффициентов приводятся в блоке 2а.1 (дополнение 2).

#### 3А.1.1 ВЫБРОСЫ CH<sub>4</sub> ОТ ЗАТОПЛЯЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ, ОСТАЮЩИХСЯ ЗАТОПЛЯЕМЫМИ ЗЕМЛЯМИ

##### МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

Выбросы CH<sub>4</sub> после затопления могут происходить по следующим путям:

- Диффузионные выбросы, связанные с молекулярной диффузией через границу раздела воздух-вода;
- Пузырьковые выбросы или выбросы газа из отложений через толщу воды посредством пузырей; это очень важный путь для выбросов CH<sub>4</sub>, особенно, в умеренных и тропических регионах;
- Дегазирующие выбросы или выбросы в результате резкого изменения гидростатического давления, а также увеличенной поверхности обмена воздух/вода после прохождения воды из водохранилища через турбину и/или водосброс (Hélie, 2004; Soumis *et al.*, 2004; Delmas *et al.*, 2005); это очень важный путь для выбросов CH<sub>4</sub> из сравнительно недавно образовавшихся водохранилищ в тропической зоне.

Подход уровня 1 охватывает только диффузионные выбросы. Уровень 2 включает слагаемое для оценки пузырьковых выбросов CH<sub>4</sub> и, если это применимо, отдельное рассмотрение периодов с ледяным покрытием и без него. К методам уровня 3 относится любой детальный основанный на измерениях

подход, который включает оценку всех соответствующих потоков  $\text{CH}_4$  от затопляемых земель, а также включает дегазирующие выбросы и учитывает глубину, географическое местоположение и температуру воды водохранилища на протяжении всего времени его существования. Методы уровня 3 не конкретизируются далее в этой главе; в отношении вывода конкретных для себя коэффициентов выбросов страны должны обращаться к блоку 2а.1 в дополнении 2, который служит ресурсом по внедрению подхода уровня 3. В таблице 3а.1 показан охват различных путей выброса  $\text{CH}_4$  на трех уровнях.

ТАБЛИЦА 3А.1 СВОДКА ДАННЫХ ПО МЕТОДАМ И ОХВАТУ ВЫБРОСОВ	
	$\text{CH}_4$
Уровень 1	• Диффузионные выбросы
Уровень 2	• Диффузионные выбросы • Пузырьковые выбросы
Уровень 3	• Все типы выбросов

В следующем разделе описываются подходы уровня 2 и уровня 1 для выбросов  $\text{CH}_4$ .

## ВЫБОР МЕТОДА

Метан может выделяться из затопляемых земель посредством пузырьков, диффузии и дегазации. Приведенная на рисунке 3а.1 схема принятия решений служит руководством для составителей кадастров при выборе соответствующего подхода для выбросов  $\text{CH}_4$  из затопляемых земель. Выбор уровня и уровень пространственного и временного разукрупнения, используемого составителями кадастров, будет зависеть от наличия данных о деятельности и коэффициентов выбросов, а также важности вклада водохранилища в национальные выбросы парниковых газов. Научные факты и данные по конкретной стране всегда предпочтительнее данных по умолчанию уровня 1.

### Уровень 1

Метод уровня 1 для оценки выбросов  $\text{CH}_4$  от затопляемых земель учитывает только диффузионные выбросы в свободный ото льда период. Выбросы в период наличия ледяного покрова приняты равными нулю. Уравнение 3а.1 может использоваться с данными измерений выбросов, представленными в таблице 3а.2, и общей площади затопляемых земель по конкретной стране.

### УРАВНЕНИЕ 3А.1 ВЫБРОСЫ $\text{CH}_4$ ОТ ЗАТОПЛЯЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ (УРОВЕНЬ 1)

$$\text{CH}_4 \text{ Выбросы}_{\text{WWзатопл.}} = P \cdot E(\text{CH}_4)_{\text{дифф.}} \cdot A_{\text{затопл.}_\text{общ.}_\text{площадь}} \cdot 10^{-6}$$

где:

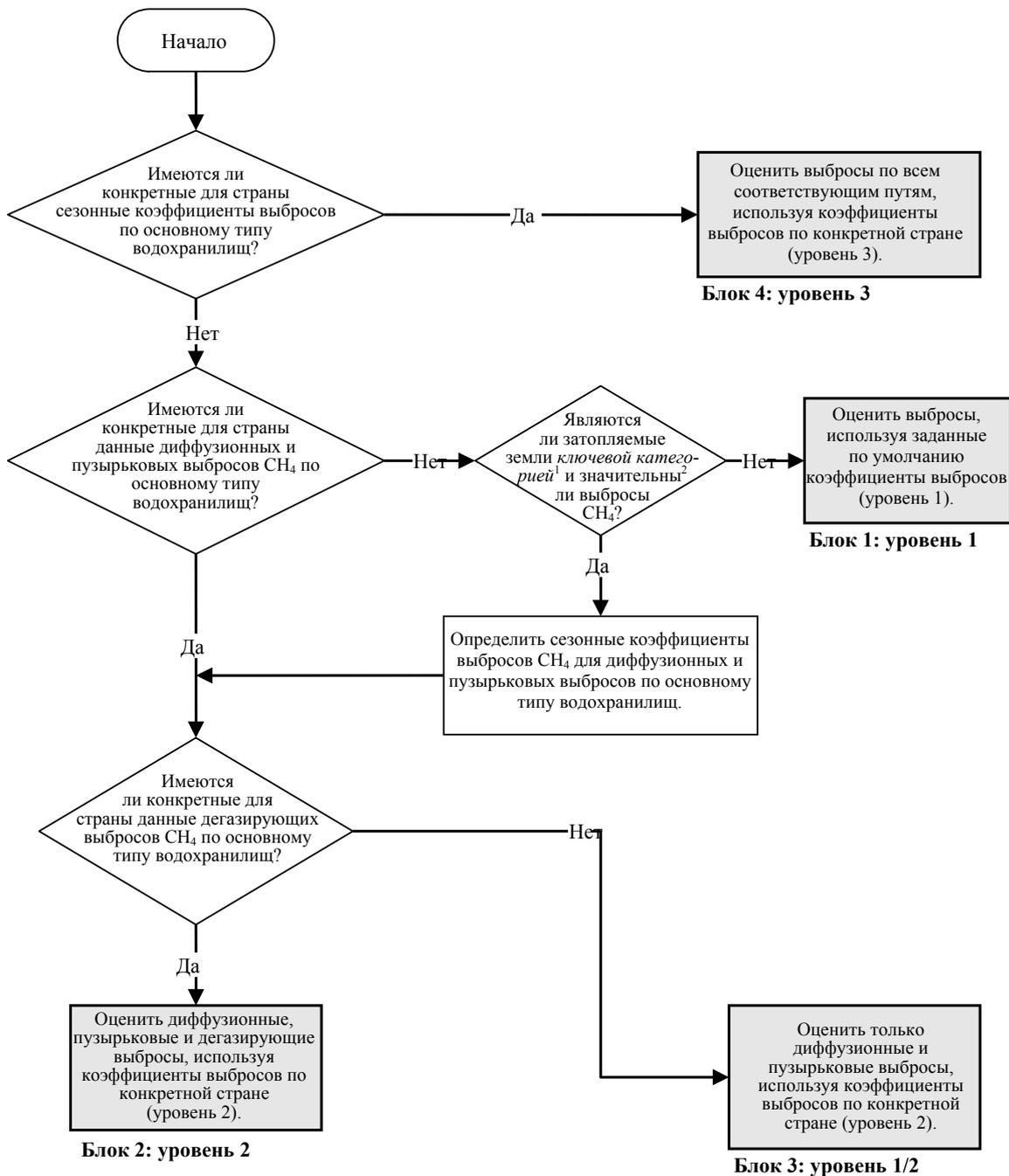
$\text{CH}_4 \text{ emissions}_{\text{WWзатопл.}}$  = общие выбросы  $\text{CH}_4$  от затопляемых земель, Гг  $\text{CH}_4$ /год,

$P$  = свободный ото льда период, сутки/год (обычно 365 для оценок годового кадастра или меньше в странах с периодом ледяного покрова),

$E(\text{CH}_4)_{\text{дифф.}}$  = среднесуточные диффузионные выбросы, кг  $\text{CH}_4$  / га x сутки,

$A_{\text{затопл.}_\text{общ.}_\text{площадь}}$  = общая площадь затопляемой поверхности, включая затопляемые земли, озера и реки, га,

**Рисунок 3а.1** Схема принятия решений для выбросов CH<sub>4</sub> от затопляемых земель, остающихся затопляемыми землями



Примечание:

1: Обсуждение *ключевых категорий* и применение схем принятия решений см. в томе 1, глава 4 «Методологический выбор и определение ключевых категорий» (обратить внимание на раздел 4.1.2 об ограниченных ресурсах).

2: Подкатегория является значимой, если на ее долю приходится 25-30 % выбросов/поглощений от общей категории.

**Уровень 2**

При подходе уровня 2 для выбросов  $\text{CH}_4$  требуются коэффициенты выбросов по конкретной стране для диффузионных и пузырьковых выбросов и, если это применимо, учет различия показателей диффузионных и пузырьковых выбросов на протяжении периодов с ледяным покрытием и без него. Площадь затопляемых земель может также разбиваться в соответствии с климатической зоной или любым иным подходящим параметром, указанным в блоке 2а.1 (дополнение 2). Этот подход представлен в уравнении 3а.2.

**УРАВНЕНИЕ 3А.2**  
**ВЫБРОСЫ  $\text{CH}_4$  ОТ ЗАТОПЛЯЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ (УРОВЕНЬ 2)**

$$\text{CH}_4 \text{ Выбросы}_{\text{WWзатопл}} = \left[ \begin{array}{l} (P_f \cdot Ef(\text{CH}_4)_{\text{дифф.}} \cdot A_{\text{затопл., площадь}}) + \\ (P_f \cdot Ef(\text{CH}_4)_{\text{пузыр.}} \cdot A_{\text{затопл., площадь}}) + \\ P_i \cdot (E_i(\text{CH}_4)_{\text{дифф.}} + E_i(\text{CH}_4)_{\text{пузыр.}}) \cdot A_{\text{затопл., площадь}} \end{array} \right]$$

где:

$\text{CH}_4$  Выбросы<sub>WWзатопл.</sub> = общие выбросы  $\text{CH}_4$  от затопляемых земель в год, кг  $\text{CH}_4$  /год,

$P_f$  = период состояния, свободного ото льда, сутки/год,

$P_i$  = период нахождения подо льдом, сутки/год,

$Ef(\text{CH}_4)_{\text{дифф.}}$  = среднесуточные диффузионные выбросы от границы раздела воздух-вода во время периода, свободного ото льда, кг  $\text{CO}_4$  / га x сутки,

$Ef(\text{CH}_4)_{\text{пузыр.}}$  = среднесуточные пузырьковые выбросы от границы раздела воздух-вода во время периода, свободного ото льда, кг  $\text{CO}_4$  / га x сутки,

$E_i(\text{CH}_4)_{\text{дифф.}}$  = диффузионные выбросы, связанные с периодом нахождения подо льдом, кг  $\text{CO}_4$  / га x сутки,

$E_i(\text{CH}_4)_{\text{пузыр.}}$  = пузырьковые выбросы, связанные с периодом нахождения подо льдом, кг  $\text{CO}_4$  / га x сутки,

$A_{\text{затопл., площадь}}$  = общая площадь затопляемой поверхности, включая затопляемые земли, озера и реки, га.

**ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ****Уровень 1**

Ключевыми значениями по умолчанию для уровня 1 являются коэффициенты выбросов для диффузионных потоков  $\text{CO}_4$ . В таблице 3а.2 представлены данные измерений выбросов для различных климатических зон. Эти данные измерений выбросов со степенью полноты, определяемой проведенными исследованиями, включают пространственные (различия между водохранилищами и регионами) и временные изменения (засушливые/дождливые условия и прочие сезонные, междугодовые изменения) в выбросах от водохранилищ. На уровне 1 коэффициенты выбросов по умолчанию должны использоваться только для периода, свободного ото льда. Выбросы  $\text{CH}_4$  в период полного ледяного покрова приняты равными нулю. При отсутствии данных по умолчанию страны должны использовать ближайшее значение коэффициентов выбросов по умолчанию (выбросы для наиболее схожего климатического региона).

**Уровень 2**

На уровне 2 насколько возможно следует использовать коэффициенты выбросов по конкретной стране вместо коэффициентов по умолчанию. Необходимы также дополнительные оценки зимних выбросов и пузырьковых выбросов  $\text{CH}_4$ , что потребует разработки коэффициентов выбросов по конкретной стране. Предполагается, что сочетание значений по умолчанию и коэффициентов выбросов по конкретной стране используется, когда последние не охватывают полного диапазона условий окружающей среды и управления. Разработка коэффициентов выбросов по конкретной стране обсуждается в блоке 2а.1 (дополнение 2). Вывод коэффициентов по конкретной стране должен быть четким образом задокументирован и опубликован в литературе, прошедшей рецензирование независимыми экспертами.

ТАБЛИЦА 3А.2 ДАННЫЕ ИЗМЕРЕНИЙ ВЫБРОСОВ CO <sub>4</sub> ДЛЯ ЗАТОПЛЯЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ						
Климат	Диффузионные выбросы (период, свободный от льда) E <sub>f</sub> (CO <sub>4</sub> ) <sub>diff</sub> (кг CO <sub>4</sub> / га x сутки)					Ссылки
	Медиан.	Мин.	Макс.	N <sub>m</sub>	N <sub>res</sub>	
Полярная/бореальная влажная	0,086	0,011	0,3	253	13	Blais 2005; Tremblay <i>et al.</i> 2005; Therrien, 2004; Therrien, 2005; Huttunen <i>et al.</i> , 2002; Lambert, 2002; Duchemin, 2000
Умеренный холодный, увлажненный	0,061	0,001	0,2	233	10	Tremblay <i>et al.</i> , 2005; Therrien, 2004; Blais, 2005; Lambert, 2002; Duchemin <i>et al.</i> , 1999
Умеренный теплый, увлажненный	0,150	- 0,05	1,1	416	16	Tremblay <i>et al.</i> , 2005; Soumis <i>et al.</i> , 2004; Duchemin, 2000; Smith and Lewis, 1992
Умеренный теплый, сухой	0,044	0,032	0,09	135	5	Therrien <i>et al.</i> , 2005; Therrien, 2004; Soumis <i>et al.</i> , 2004
Тропический, влажный	0,630	0,067	1,3	303	6	Tavares de lima, 2005; Abril <i>et al.</i> , 2005; Therrien, 2004; Rosa <i>et al.</i> , 2002; Tavares de lima <i>et al.</i> , 2002; Duchemin <i>et al.</i> , 2000; Galy-Lacaux <i>et al.</i> , 1997; Galy-Lacaux, 1996; Keller and Stallard, 1994
Тропический, сухой	0,295	0,070	1,1	230	5	Rosa <i>et al.</i> , 2002; Dos Santos, 2000
Во втором столбце представлены медианные значения для взятых из литературы выбросов CO <sub>4</sub> , которые сами являются среднеарифметическими значениями потоков, замеренных над отдельными резервуарами. Медианные значения используются, так как частотные распределения данных основополагающих измерений потоков не являются нормальными и их среднеарифметические значения уже искажены экстремальными значениями. Минимальные и максимальные значения являются соответственно самыми низкими и самыми высокими значениями из всех отдельных результатов измерений в пределах заданного климатического региона; эти значения представлены только в целях демонстрации изменчивости. N <sub>m</sub> = число измерений; N <sub>res</sub> = число водохранилищ в объеме выборки.						
Эти измерения могут включать неантропогенные выбросы (например, выбросы от углерода в расположенном выше по течению бассейне) и возможный двойной учет антропогенных выбросов (например, сточных вод от городских зон в районе водохранилища) и, таким образом, могут привести к переоценке выбросов.						

## ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для оценки выбросов от затопляемых земель могут потребоваться несколько различных типов данных о деятельности, в зависимости от осуществляемого уровня и от известных источников пространственной и временной изменчивости в пределах национальной территории. Эти типы данных о деятельности соответствуют тем же данным, которые требуются для выбросов CO<sub>2</sub>, как описано в разделе 7.3.2.

### Площадь затопляемых земель

На всех уровнях для оценки диффузионных и пузырьковых выбросов требуются данные по конкретной стране о затопляемых землях. В качестве альтернативы страны могут получить оценку площади своих затопляемых земель на основе анализа площади водосбора, из национальной базы данных о плотинах, из отчетов Международной комиссии по большим плотинам (ICOLD, 1998) или Всемирной комиссии по плотинам (WCD, 2000). Так как площадь затопляемых земель может быстро меняться, страны должны использовать обновленные и последние данные. Подходы уровня 2 и уровня 3 преимущественно опираются на национальные базы данных для отслеживания площади поверхности водохранилищ. В эту базу данных должны также входить другие параметры, такие как глубина водохранилища, год затопления, местоположение водохранилища (см. блок 2а.1 в дополнении 2).

### **Период, свободный ото льда / период подо льдом**

При уровнях 2 и 3 для оценки диффузионных и пузырьковых выбросов  $\text{CH}_4$  необходимы данные о периодах, в течение которых водохранилища свободны ото льда или покрыты льдом. Эти данные могут быть получены от национальных метеорологических служб.

### **Объем оттока /водосброса**

При уровне 3 для оценки дегазирующих выбросов  $\text{CH}_4$  требуются данные об объеме оттока и водосброса затопляемых земель.

### **Концентрации $\text{CO}_4$ в верхнем и нижнем течении от плотин**

При уровне 3 для оценки дегазирующих выбросов требуются данные о концентрациях  $\text{CO}_4$  в верхнем и нижнем течении от плотин. Информация о том, как получить эти данные с помощью измерений, может быть почерпнута из ссылок, указанных в блоке 2а.1 (дополнение 2).

## **ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ**

При оценке выбросов  $\text{CH}_4$  из затопляемых земель двумя самыми крупными источниками неопределенности являются качество коэффициентов выбросов для различных путей выбросов (диффузионные, пузырьковые и дегазирующие выбросы) и оценки площадей затопляемых земель.

### **Коэффициенты выбросов**

Приведенные в таблице 3а.2 усредненные данные диффузионных выбросов могут изменяться по величине на порядок в бореальных и умеренных регионах и на один – три порядка в тропических регионах. Такая же изменчивость наблюдается во всех регионах для пузырьковых выбросов (примерно на один порядок по величине). Поэтому использование любого коэффициента выбросов по умолчанию приведет к высокой неопределенности.

Дегазирующие выбросы  $\text{CH}_4$  также являются важным источником неопределенности. Дегазирующие выбросы являются важным компонентом выбросов ПГ из затопляемых земель тропической зоны (Galylasaux *et al.*, 1997), которому соответствует более 40% общих выбросов ПГ из образованных девять лет назад водохранилищ. Тем не менее, для многих водохранилищ дегазирующие выбросы малы или незначительны (Duchemin, 2000; Soumis *et al.*, 2004). Поэтому до получения дополнительной информации по динамике дегазирующих выбросов  $\text{CH}_4$  оценка должна проводиться в индивидуальном порядке.

Для уменьшения неопределенности коэффициентов выбросов странам следует разрабатывать подходящие статистически обоснованные стратегии выборки, которые учитывают естественную изменчивость исследуемых экосистем (см. блок 2а.1 в дополнении 2). В применимых случаях различие между периодами с ледяным покрытием и без него может привести к существенному повышению точности (Duchemin *et al.*, 2005). Стратегия выборки должна предусматривать достаточное количество станций отбора проб в расчете на каждое водохранилище, достаточное число водохранилищ и достаточные периоды выборки. Количество станций отбора проб должно определяться с использованием признанного статистического подхода. Более того, странам следует учесть коэффициенты, указанные в блоке 2а.1 (дополнение 2).

### **Площадь поверхности затопляемых земель**

Должна быть доступной информация о затопляемой площади, поддерживаемой вверх по течению от крупных плотин (>100 км<sup>2</sup>), которая, возможно, будет иметь примерно 10% неопределенность, особенно, в странах с крупными плотинами и водохранилищами гидроэлектростанций. Для стран с обширными затопляемыми землями и при отсутствии национальных баз данных затопляемая позади плотин площадь будет, возможно, иметь более, чем 50% неопределенность. Получение подробной информации о местоположении, типе и работе более мелких плотин может также оказаться проблематичным, хотя может иметься возможность статистического вывода, основанного на распределении по размерам водохранилищ, для которых имеются данные. Кроме того, водохранилища создаются по множеству причин, которые влияют на доступность данных, и, как следствие, неопределенность площади поверхности зависит от конкретных условий по стране.

## **3а.2 Земли, переустроенные в затопляемые земли**

На основании текущего уровня знаний для земель, переустроенных в затопляемые земли, рекомендуется использовать данные измерений выбросов, приведенные в таблице 3а.2. Составители кадастров должны использовать методы уровней 1, 2 и 3, описанные в разделе 3а.1, для оценки выбросов  $\text{CH}_4$  от земель, переустроенных в затопляемые земли.

## Ссылки

- Abril, G., Guérin, F., Richard, S., Delmas, R., Galy-Lacaux, C., Gosse, P., Tremblay, A., Varfalvy, L., dos Santos, M.A. and Matvienko, B. (2005). Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana), *Global Biogeochemical Cycle*, **19**, doi:10.292005GB002457.
- Blais, A.-M. (2005). Étude des gaz à effet de serre en milieux aquatiques Relevés de terrain 2005. Rapport d'Environnement Illimité à Hydro-Québec Production. 30 p. and annexes.
- Delmas, R., Richard, S., Guérin, F., Abril, G., Galy-Lacaux, C., Delon, C. and Grégoire, A. (2005). Long Term Greenhouse Gas Emissions from the Hydroelectric Reservoir of Petit Saut (French Guiana) and Potential Impacts. In Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm and M. Garneau (Eds.). Greenhouse gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 293-312.
- dos Santos, M.A. (2000). Inventário emissões de gases de efeito estufa derivadas de Hidrelétricas, PhD. Dissertation, University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 154p.
- Duchemin, E., Lucotte, M., Canuel, R. and Soumis, N. (2006). First assessment of CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> emissions from shallow and deep zones of boreal reservoirs upon ice break-up, Lakes and Reservoirs: *Research and Management*, **11**:9-19.
- Duchemin, É. (2000). Hydroelectricity and greenhouse gases: Emission evaluation and identification of biogeochemical processes responsible for their production, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 321 p (available on CD-ROM).
- Duchemin, É., Lucotte, M., Canuel, R. and Chamberland, A. (1995). Production of the greenhouse gases CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> by hydroelectric reservoirs of the boreal region, *Global Biogeochemical Cycles*, **9**, 4, 529-540.
- Duchemin, É., Lucotte, M., Canuel, R., Almeida Cruz, D., Pereira, H.C., Dezincourt, J. and Queiroz, A.G. (2000). Comparison of greenhouse gas emissions from an old tropical reservoir and from other reservoirs worldwide, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **27**, 3, 1391-1395.
- Duchemin, É., Canuel, R., Ferland, P. and Lucotte, M. (1999). Étude sur la production et l'émission de gaz à effet de serre par les réservoirs hydroélectriques d'Hydro-Québec et des lacs naturels (Volet 2), Scientific report, Direction principal Planification Stratégique - Hydro-Québec, 21046-99027c, 48p.
- Galy-Lacaux, C. (1996). Modifications des échanges de constituants mineurs atmosphériques liées à la création d'une retenue hydroélectrique. Impact des barrages sur le bilan du méthane dans l'atmosphère, PhD dissertation, Université Paul Sabatier, Toulouse (France), 200 p.
- Galy-Lacaux, C., Delmas, R., Jambert, C., Dumestre, J.-F., Labroue, L., Richard, S. and Gosse, P. (1997). Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: a case study in French Guyana, *Global Biogeochemical Cycles*, **11**, 4, 471-483.
- Galy-Lacaux, C., Delmas, R., Kouadio, G., Richard, S. and Gosse, P. (1998). Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions, *Global Biogeochemical Cycles*, **13**, 2, 503-517.
- Hélie, J.F. (2004). Geochemistry and fluxes of organic and inorganic in aquatic systems of eastern Canada: examples of the St-Lawrence River and Robert-Bourassa reservoir: Isotopic approach, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 205p.
- Houel, S. (2003). Dynamique de la matière organique terrigène dans les réservoirs boréaux, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 121p.
- Huttunen, J.T., Väisänen, T.S., Hellsten, S.K., Heikkinen, M., Nykänen, H., Jungner, H., Niskanen, A., Virtanen, M.O., Lindqvist, O.V., Nenonen, O.S. and Martikainen, P.J. (2002). Fluxes of CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, and N<sub>2</sub>O in hydroelectric reservoir Lokka and Porttipahta in the northern boreal zone in Finland, *Global Biogeochemical Cycles*, **16**, 1, doi:10.1029/2000GB001316.
- International Commission on Large Dams (ICOLD) (1998). World Register of Dams 1998. Paris. International Committee on large Dams (Ed.). Metadatabase.
- Keller, M. and Stallard, R.F. (1994). Methane emission by bubbling from Gatun lake, Panama, *J. Geophys. Res.*, **99**, D4, 8307-8319.

- Lambert, M. (2002). Campagne d'échantillonnage sur les émissions de gaz à effet de serre des réservoirs et des lacs environnants - Rapport de terrain 2001. Rapport présenté à la Direction Barrage et environnement par la Direction Environnement, Hydro-Québec, 108 p and appendix.
- Rosa, L.P., Matvienko Sikar, B., dos Santos, M.A., and Matvienko Sikar, E. (2002). Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidroelétricos brasileiros, Relatório de referência – Inventário brasileiro de emissões antropicas de gases de efeito de estufa, Ministério da Ciência e tecnologia, Brazil, 199p.
- Smith, L.K. and Lewis, W.M. (1992). Seasonality of methane emissions from five lakes and associated wetlands of the Colorado Rockies, *Global Biogeochemical Cycles*, **6**, 4, 323-338
- Soumis, N., Duchemin, É., Canuel, R. and Lucotte, M. (2004). Greenhouse gas emissions from reservoirs of the western United States, *Global Biogeochem. Cycles*, **18**, GB3022, doi:10.1029/2003GB002197.
- Tavares de Lima, I. (2005). Biogeochemical distinction of methane releases from two Amazon hydroreservoirs, *Chemosphere*, (in press)
- Tavares de Lima, I. (2002). Emissão de metano em reservatório hidroelétricos amazônicos através de leis de potência (Methane emission from Amazonian hydroelectric reservoirs through power laws), PhD Dissertation, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil, 119 p.
- Therrien, J. (2004). Flux de gaz à effet de serre en milieux aquatiques - Suivi 2003. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil Inc. présenté à Hydro-Québec. 52 p. et annexes.
- Therrien, J., Tremblay, A. and Jacques, R. (2005). CO<sub>2</sub> Emissions from Semi-arid Reservoirs and Natural Aquatic Ecosystems. In Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm et M. Garneau (Eds.). Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 233-250.
- Tremblay, A., Therrien, J., Hamlin, B., Wichmann, E. and LeDrew, L. (2005). GHG Emissions from Boreal Reservoirs and Natural Aquatic Ecosystems. In Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm and M. Garneau (Eds.). Greenhouse gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 209-231.
- WCD (2000). Dams and Development a New Framework for Decision-Making, The report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, 356 p.