

РЕЦЕНЗИИ

УДК 631.423.6; 631.425.3; 631.433.3; 631.445.12

**ОТ КЕРОГЕНА ДО «КРИСТАЛЛА»
(РЕЦЕНЗИЯ НА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ЛАКТИОНОВОЙ С СОВАТ.
«ФИЗИКОХИМИЯ И БИОЛОГИЯ ТОРФА:
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (CO₂, CH₄, N₂O) В ТОРФАХ
МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ)»**

Глаголев М.В.

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск
Томский государственный педагогический университет
Институт экологического почвоведения, Москва*

m_glagolev@mail.ru

Цитирование: Глаголев. 2011. От керогена до «Кристалла» (рецензия на учебно-методическое пособие Лактионовой с соавт. «Физикохимия и биология торфа: определение парниковых газов (CO₂, CH₄, N₂O) в торфах методом газовой хроматографии») // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 2. № 1(3). EDCSbrv0001.

«Свобода творчества есть право на ошибку».

акад. В.И. Вернадский
(цит. по [Горобец, 2010: с. 132])

Нет сомнения, что использование современных аналитических методов при обучении студентов, осваивающих естественные науки, до сих пор остается среди важных задач высшей школы. С другой стороны, проблема парниковых газов относится к числу важнейших проблем современной экологии. Таким образом, выбранная Лактионовой с соавт. [2011] тема учебно-методического пособия крайне актуальна в настоящее время с обеих сторон – и в педагогическом, и в экологическом аспекте (хотя, оставаясь реалистами, предположим, что это в значительной степени заслуга опытного научного редактора пособия – чл.-корр. РАСХН, проф. Л.И. Инишевой).

Среди замечаний без которых не обходится ни одна крупная работа мы бы отметили следующие (приводим их в той последовательности, как поводы для них встретились нам в тексте пособия, а не по существенности замечаний).

- 1) **Несколько странно звучит название пособия.** Вчитаемся внимательнее. «Физикохимия и биология торфа: Определение парниковых газов (CO₂, CH₄, N₂O) в торфах методом газовой хроматографии». Такая структура названия, когда сначала идет один заголовок, а после двоеточия – какой-то иной, предполагает, по нашему мнению, то, что первый является достаточно общим, а второй несколько сужает, конкретизирует его. Поэтому прочитав «Физикохимия и биология торфа:» далее ожидаешь какой-то конкретной темы, являющейся подразделом больших разделов физикохимии или биологии торфа. Например, вполне можно себе представить такое название «Физикохимия и биология торфа: Образование и потребление почвенных газов микробной биотой» или что-то подобное. Но вот – на тебе! «...Определение парниковых газов (CO₂, CH₄, N₂O) в торфах методом газовой хроматографии». Определение газов при помощи хроматографии относится к области аналитической химии, а не физикохимии торфа и уж, тем более, не к его биологии. Если основное содержание пособия составляет «Определение парниковых газов (CO₂, CH₄, N₂O) в торфах методом газовой хроматографии», то можно было ограничиться именно таким названием. Впрочем нелепые добавки (типа «Физикохимии и биологии торфа:») преследуют и другие учебные пособия, изданные под научной редакцией проф. Инишевой. В качестве примера можем привести [Глаголев, 2010; Глаголев с соавт., 2010]. Изначально первая работа называлась «Роль болот в круговороте CO₂ и CH₄», а вторая – «Методы измерения газообмена на границе почва-атмосфера». Странные добавки к ним («Болотообразовательный процесс» – к первой и пресловутая «Физикохимии и биологии торфа:» – ко второй) появились после «научной» редакции.
- 2) На с. 4 пособия читаем: «...диоксид углерода и метан, как наиболее важные компоненты атмосферного воздуха, регулирующие проявления “парникового эффекта”, определяют “вклад” болотного

региона в возможное глобальное потепление климата. После диоксида углерода метан считается вторым по значимости парниковым газом. Наряду с углеродсодержащими газами, при исследовании "дыхания болот" представляет интерес и закись азота (N_2O). Хотя прямых ошибок здесь нет, но такая формулировка не кажется нам удачной. Ведь в названии пособия, как мы помним, речь идет об анализе «...парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O)...». Т.е. совершенно явно N_2O ставится в ряд парниковых газов. А теперь (на с. 4) ***N_2O как бы противопоставляется парниковым газам:*** «...диоксид углерода и метан... важные компоненты..., регулирующие проявления "парникового эффекта"», а N_2O представляет интерес «при исследовании "дыхания болот"», а не как тоже парниковый газ.

- 3) Аналогичное неудачное как бы противопоставление встречаем и дальше на той же странице: «Закись азота – парниковый газ, одновременно вызывающий разрушение стратосферного озонового слоя», ***Читатель может подумать, что раз в связи с озоном говорится лишь о закиси азота, то метан и CO_2 не влияют на его баланс.*** Но на самом деле метан играет значимую роль в накоплении тропосферного озона (см., например, [Fiore et al., 2002]).
- 4) Далее авторы как бы исправляют свое противопоставление закиси азота метану и CO_2 , приводя сведения о существенной «парниковости» N_2O : «Закись азота имеет высокую продолжительность жизни в атмосфере, 1 моль этого газа удерживает в 180 раз больше тепла, чем такое же количество CO_2 , а вклад N_2O в глобальное потепление климата составляет 6%». И вот опять – прямых ошибок почти нет, но некоторая нелогичность и нечеткость может ввести читателя в заблуждение. Если 1 моль N_2O удерживает в 180 раз больше тепла, чем CO_2 , то почему же CO_2 стоит на первом месте в ряду парниковых газов, а закись азота даже не на втором? И потом, что значит «удерживает в 180 раз больше тепла»? Какая это физическая характеристика? Вроде бы, по смыслу, теплоемкость. Но, во-первых, теплоемкость N_2O лишь на 4% больше теплоемкости CO_2 (см., например, табл. 9.9 в [Хлопкин, 1991]), во-вторых, теплоемкость не характеризует «парниковость» газов. ***Чтобы дать читателю правильное представление о том, как современная наука характеризует «парниковость» газов (а это ни в коем случае не способность «удерживать» тепло), авторам следовало либо ввести необходимые, но не всегда простые понятия, традиционно используемые для этого («форсинг» или «радиационное воздействие», «относительный и абсолютный потенциалы глобального потепления», «индекс вклада в глобальное потепление»), либо хотя бы дать ссылки на литературу*** (восполняя этот их пробел мы можем порекомендовать для ознакомления с указанными понятиями статью [Кароль, 1996], а вообще с проблематикой парниковых газов можно познакомиться в [Шнейдер и Келлог, 1976; Легетт, 1993; Зуев и Титов, 1996, с. 15-19] или вкратце – по нашей работе [Глаголев и Суворов, 2007]). В принципе, авторы пособия приводят на с. 6 абзац, который, видимо, должен был бы пояснить, что такое парниковый эффект: «Действие парникового эффекта заключается в том, что рост в атмосфере концентрации поглотителей инфракрасного излучения ("парниковых газов") приводит к увеличению температуры земной поверхности». Но, как видим, механизм парникового эффекта здесь совершенно не разъясняется.
- 5) На с. 6 пособия читаем: «Одна из важнейших задач современной экологии состоит в объяснении и прогнозировании климатических изменений, связанных с увеличением содержания в атмосфере так называемых парниковых газов...». Кто поставил перед современной экологией такую задачу? Где можно с этим подробнее ознакомиться? Вообще говоря, если бы авторы снабдили текст пособия ссылками на литературу, то задача разделения общепринятых положений (после которых стояли бы ссылки) и фантазий авторов (после которых ссылок бы не было) решалась бы просто. К сожалению, в тексте ссылок никаких нет (хотя в конце пособия приведена «Использованная литература»). Смеем предположить, что ***задачу объяснения и прогнозирования климатических изменений перед современной экологией попытались поставить авторы пособия. До них эта задача стояла перед физикой атмосферы, м.б. – перед климатологией, но никак не перед экологией.***
- 6) На той же странице есть еще одно весьма спорное утверждение: «Основными парниковыми газами, в порядке их воздействия на тепловой баланс Земли, являются водяной пар, углекислый газ, метан, озон, сульфурилфторид, галоуглероды, оксиды азота и др.». ***Если бы авторы дали конкретную формулировку того, что понимается под воздействием на тепловой баланс Земли (какая физическая величина?), то, возможно, их формулировка не казалось бы спорной. Но в отсутствие строгого физического пояснения возникает противоречие с другими литературными источниками.*** Например, один из ведущих специалистов И.Л. Кароль в статье

[1996]¹, специально посвященной оценке относительного вклада парниковых газов в глобальное потепление климата, располагает их в следующей последовательности (на основе вычисления индекса вклада в глобальное потепление): углекислый газ², метан, N₂O, фреоны, CCl₄, CH₃CCl₃; если же ряд формируется на основании расчета форсинга, то он имеет несколько иной вид – N₂O и фреоны меняются местами. Зуев и Титов [1996, с. 17] дают следующий ряд: водяной пар, углекислый газ, метан, озон и N₂O (парниковое нагревание от обоих этих газов одинаково), фреоны.

- 7) **Местами язык пособия несколько удаляется от правил русского литературного языка.** Вот, например, что можно прочесть на с. 7: «Рамочная Конвенция ООН об изменении климата... – соглашение, подписанное более чем 180 странами мира, включая Россию (Россия ратифицировала РКИК в 1994 г.), все страны бывшего СССР и все промышленно развитые страны, об общих принципах действия стран по проблеме изменения климата». Может быть, на это и не стоило бы обращать внимание, но ведь пособие написано для студентов, поэтому оно должно быть максимально понятным.
- 8) Иногда создается впечатление, что авторы не совсем уверенно владеют материалом, о котором пишут. Например, на с. 8 пособия читаем: «...обязательства стран-участников рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) и Киотский протокол к ней делают важным учет функций экосистем. Однако в принятом Россией федеральном законе о ратификации Киотского протокола экосистемы не упомянуты». Складывается впечатление, что хороший Киотский протокол учитывает функции экосистем, а плохой федеральный закон – нет. Но о каких экосистемах вообще идет речь? Непонятно... Однако, в том-то и дело, что **естественные экосистемы не рассматриваются (к сожалению!) Киотским протоколом** (и, естественно, федеральным законодательством о его ратификации – зачем же быть «святее Папы Римского»). В связи с этим бытует мнение о некоторой несправедливости Киотского протокола. Действительно, предположим, что промышленность какой-то страны выделяла 10 условных единиц CO₂, но естественные экосистемы этой страны потребляли CO₂ больше (за счет, скажем, молодых лесов и растущих болот), чем производили. Пусть эта разница между потреблением и производством CO₂ естественными экосистемами страны составляет 90 у.е. Понятно, что пока промышленность данной страны не увеличит производство CO₂ еще на более чем 80 у.е., она не будет загрязнять атмосферу соседей (поскольку весь произведенный CO₂ будет поглощаться естественными экосистемами). По-видимому, Россия и еще несколько стран относятся именно к таким, где естественные экосистемы поглощают больше CO₂, чем его выделяется. Но Киотский протокол ничего этого не учитывает! С его точки зрения – не важно: много или мало потребляют естественные экосистемы, больше или меньше того, сколько углекислого газа выделяется в атмосферу на территории данной страны. На наш взгляд, уж если авторы затронули эти тонкие вопросы об отношении Киотского протокола к экосистемам, то стоило не ограничиваться вышеприведенной неконкретной фразой, а подробно все разъяснить (конечно, не ограничившись естественными экосистемами, а затронув и весьма важный вопрос об антропогенно измененных экосистемах).
- 9) Сразу же за теми фразами, которые мы только что разобрали, авторы пособия пишут следующее: «При этом о важности оценки региональных балансов парниковых газов свидетельствуют данные сравнения природных и антропогенных их источников в мировом масштабе». При чем – «при этом»? По структуре абзаца получается так: при том, что «...в принятом Россией федеральном законе о ратификации Киотского протокола экосистемы не упомянуты». Но главное – совершенно **непонятно: как о важности оценки региональных балансов парниковых газов могут свидетельствовать данные сравнения природных и антропогенных их источников в мировом масштабе.**
- 10) Но если пока мы, в основном, говорили о некоторых неясностях в авторском изложении, то теперь мы начинаем сталкиваться с явными ошибками. В последнем абзаце на с. 8 пособия читаем: «В цепи превращений органического вещества в биосфере, происходит выделение CO₂, а каждое последующее звено, отличается от предыдущего большей химической устойчивостью (рис. 1)». Нет, здесь практически нет никаких ошибок, кроме пунктуационных, но мы не будем придираться к двум лишним запятым – первой и последней, которые поставлены совершенно зря. А вот рисунок... Мы воспроизвели его также под номером 1. Прежде всего – название. Ну при чем тут «изменение

¹ Кстати, в «Использованной литературе» авторы пособия упоминают эту статью, однако, как мы сейчас увидим, ряды парниковых газов у Кароля и у Лактионовой с соавт. не совпадают.

² Водяной пар в [Кароль, 1996] вообще не рассматривается. В противном случае он также занимал бы первое место в ряду парниковых газов, как и в пособии.

изотопного состава углерода на Земле»? **Ни в том месте текста пособия, откуда идет отсылка к рис. 1, ни на самом рисунке, никакого упоминания об изотопном составе углерода нет, в частности, из рисунка невозможно понять как изменяется изотопный состав в тех процессах, которые на данном рисунке изображены** – утяжеляется углерод или облегчается. Итак, название рисунка не соответствует ни его содержанию, ни тому тексту, откуда идет отсылка к рисунку. Далее: обратим внимание на то, что из углеводов образуются... сахара! Но ведь **углеводы – это и есть сахара** (см., например, такие авторитетные источники, как [Бочков с соавт., 1980, с. 3; Усов, 1998; Грандберг, 2001, с. 453] или хотя бы школьный учебник). Кстати, из сравнения левой и правой частей рисунка видно, что **авторы пособия относят углеводы к биополимерам, а сахара – к мономерам**. Вероятно, под своими «углеводами» они понимали исключительно полисахариды, а под «сахарами» – моносахариды. Ну, тогда так и нужно было писать, а не наводить тень на плетень – ведь студенты, которые будут читать рассматриваемое пособие, кроме всего прочего, слушают курс органической химии, и такое противоречие классической химии с болотоведением может вызвать у них несправедливые насмешки в адрес последнего (и соответствующее отношение ко всем болотоведческо-торфоведческим спецкурсам в дальнейшем)³. Однако, двинемся дальше. Если все блоки на рисунке связаны стрелками, показывающими, что одни химические соединения превращаются в другие, то сахара связаны с ФК (вероятно – с фульвокислотами, хотя авторы пособия этого не поясняют) непонятной кривой линией. Стрелочки на ней нет, поэтому непонятно – сахара ли являются строительным материалом для ФК или последние распадаются до сахаров. Но это не главное, поскольку общая направленность стрелочек на рисунке позволяет догадаться, что имели в виду авторы. Хуже то, что **почти из всех соединений, изображенных на рисунке, CO₂ образуется, а из сахаров – нет!** Даже из керогена образуется, но только не из сахаров!!! Как же так!? Ведь хорошо известны (см., например, [Мишустин и Емцев, 1987, с. 131-143]) многочисленные процессы микробиологического разрушения сахаров как в аэробных, так и в анаэробных условиях, где одним из конечных продуктов является CO₂. Более того, наиболее распространенный полисахарид растительного мира – целлюлоза; высшие растения на 15-50% состоят из целлюлозы. В связи с большим количеством синтезируемой в природе целлюлозы микроорганизмы, ее разлагающие, играют очень важную роль в процессе минерализации и круговороте углерода. Разнообразие микрофлоры, способной разлагать целлюлозу в почве, позволяет проводить трансформацию этого вещества в различных условиях аэрации, при кислом или щелочном pH, низкой или высокой влажности и температуре. При аэробном разложении целлюлозы из образовавшейся глюкозы в основном получают два продукта – CO₂ и H₂O. Но даже анаэробные целлюлозоразрушающие бактерии вызывают разложение целлюлозы до глюкозы, которая затем сбрасывается с образованием, в частности, CO₂. Пектиновые вещества, представляющие собой сложные полисахариды, также активно разрушаются в почве микробами. Продукты распада (углеводы: галактоза, арабиноза и др.) подвергаются окислению или сбрасыванию разнообразными микроорганизмами с образованием среди прочих продуктов и CO₂ [Мишустин и Емцев, 1987, с. 147, 149-150, 152-153]. Таким образом, CO₂ образуется из широко распространенных в почвах сахаров и в аэробных, и в анаэробных условиях. Однако и это – еще не все в нашей критике рис. 1! Обратите внимание на то – откуда образуется метан: из керогена! Кероген – рассеянное вещество осадочных горных пород. Он определяется как «органическое вещество осадочных пород, не растворимое ни в щелочах, ни в кислотах, ни в обычных органических растворителях». По другому определению кероген – это «тонкорассеянный органический материал, освобождаемый из осадочных пород после обработки кислотами (HCl + HF)». Основные количественно определяемые химические компоненты керогена представлены нормальными, разветвленными и циклическими углеводородами, серосодержащими алкилированными углеводородами, алкилфенолами. Исходный кероген может разделяться на инертную часть (превращающуюся в графит при высоком давлении и температуре) и реактивную (с последующим превращением ее в нефть и газ) [Заварзин, 2003, с. 132, 220, 225-226]. Однако согласно всем инвентаризациям, как старым, так и современным (см., например, [Beck, 1993; Kandlikar and McRae, 1995; Воеckx and Cleemput, 1996; Harder et al., 2007]), **основная часть метана образуется не из керогена (он вообще в инвентаризациях не учитывается!), а в результате анаэробного процесса, сопровождающего брожения углеводов. Таким образом, на рис. стрелочка к метану должна идти не (по крайней мере, не только) от керогена, а от углеводов и сахаров.**

³ Как тут не вспомнить печальный опыт почвоведения: подобные ляпсусы в почвоведческой литературе и противоречие некоторых ее положений концепциям других наук породили следующее изречение, имевшее хождение среди студентов-почвоведов (по крайней мере, в 80-х гг. XX-го в.): «Курица – не птица, почвоведение – не наука».

11) На с. 10 пособия читаем: «Метан является конечным продуктом разложения органического вещества». Следовало бы уточнить: «...в анаэробных условиях». А *если метан попадает в аэробные условия, то он преобразуется дальше – окисляется метанотрофами с образованием CO₂ и воды.*

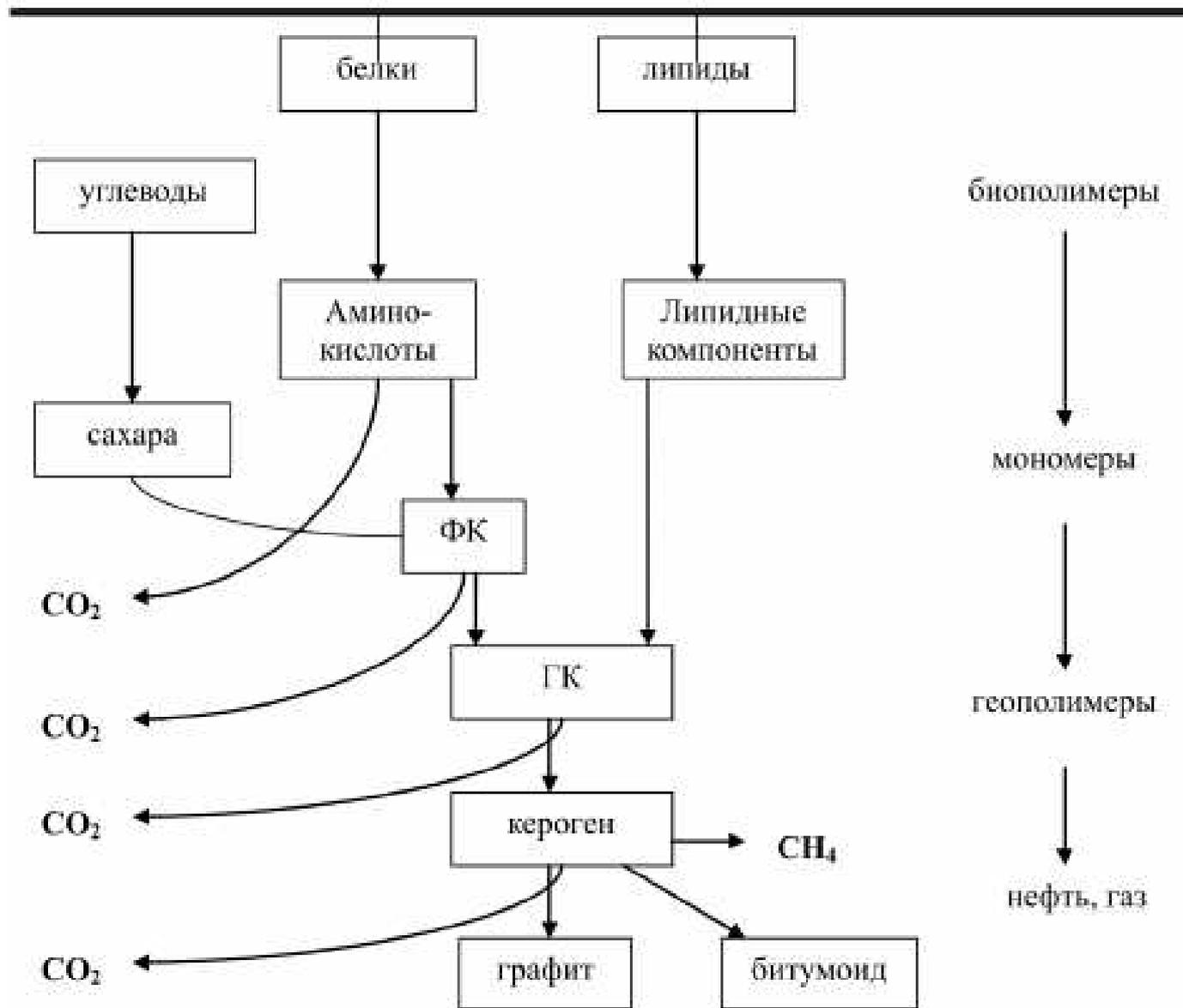


Рис. 1. Схема изменения изотопного состава углерода на Земле

Рис. 1. Рисунок 1 из [Лактионова с соавт., 2011, с. 9].

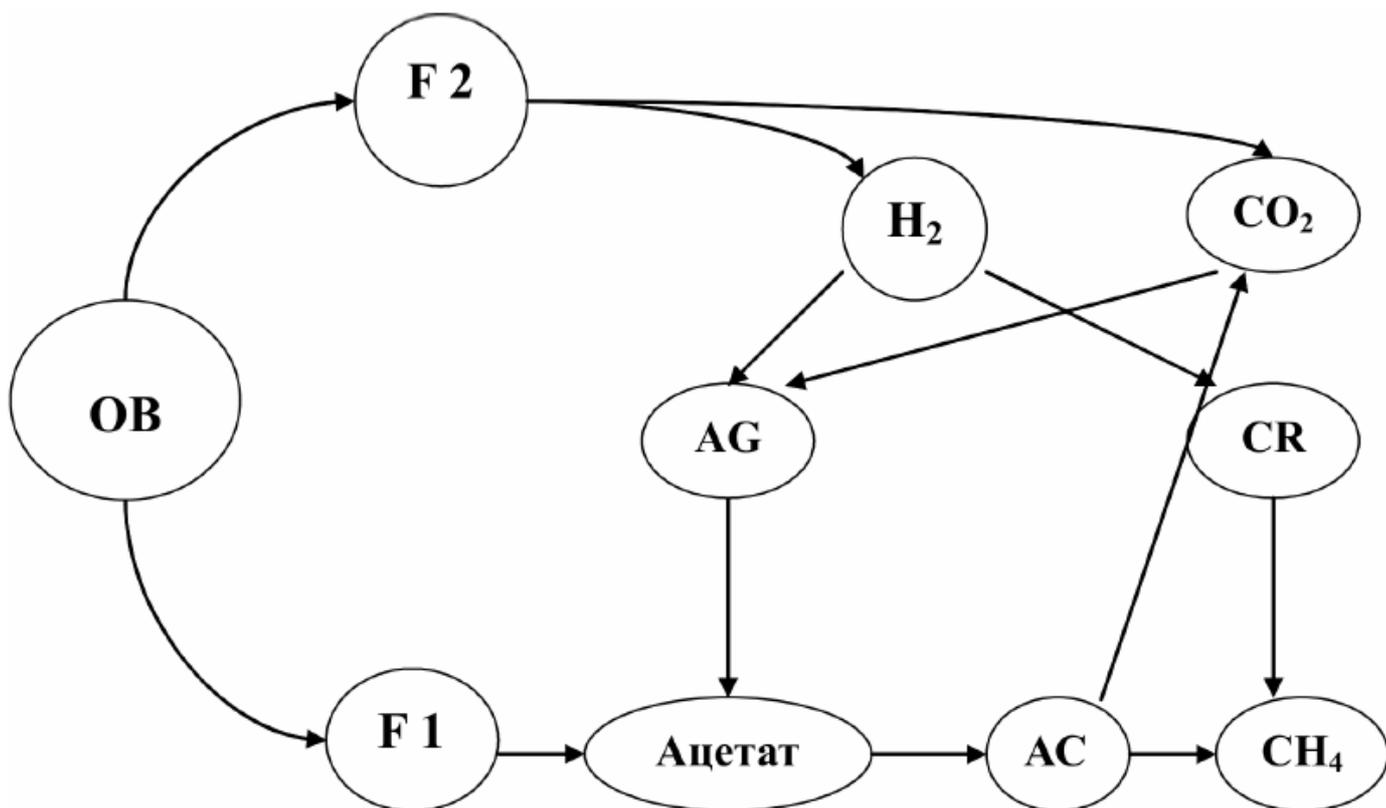
12) И сразу далее «В его образовании участвует специфическая группа микроорганизмов – метаногены, которые кроме реакции образования метана никакой другой реакции осуществлять не могут...». Полный абсурд! Как может существовать организм, который осуществляет только одну реакцию, причем это – не реакция синтеза его биомассы!? Естественно, как и любой другой микроорганизм, метаногены осуществляют огромное количество различных реакций, позволяющих им поддерживать нормальный обмен веществ и воспроизводить себя из поколения в поколение. Кратко с динамической биохимией метаногенов можно ознакомиться в любом современном учебнике микробиологии. Например, из [Гусев и Минеева, 2003: с. 425-430] можно узнать, что для некоторых метаногенов следующими по распространенности источниками углерода и энергии после газовой смеси H₂ + CO₂ служат формат, ацетат, метанол, метиламины и СО; кроме того для ряда видов показана способность к азотфиксации; наконец открыта способность метанобразующих бактерий использовать в качестве конечного акцептора электронов вместо CO₂ молекулярную серу (в присутствии S и обычных энергетических субстратов – H₂ или метанола – наблюдается образование значительного количества H₂S при одновременном снижении в 2-10 раз синтеза CH₄). Думаю,

перечисленного достаточно, чтобы стало понятно – **метаногены могут осуществлять многочисленные реакции, а не только реакцию образования метана**. Если авторы пособия попробуют возразить, что конечным результатом всех процессов является образование CH_4 , то хотим обратить их внимание, по крайней мере, на две из вышеперечисленных реакций – на **фиксацию азота** и на **образование H_2S** – ни та, ни другая реакция не приводит к образованию CH_4 , но, тем не менее, некоторые метаногены способны их осуществлять.

- 13) Также на с. 10 пособия читаем: «...существуют... болота, характеризующиеся замкнутым циклом углерода (т.е. выделение углерода в виде парниковых газов сравнимо с поступлением углерода в виде вновь образующегося слоя торфа)». На наш взгляд, определение это – не совсем правильное. **Сделанное авторами пособия уточнение относительно парниковых газов не просто не нужно, но оно превращает определение в неверное**. Действительно, представим, что поступление углерода сравнимо с его выделением в виде парниковых газов, но кроме них выделяются еще углеродсодержащие газы, не относящиеся к парниковым (например, CO) и есть вынос углерода с растворенными органическими веществами. Если два последних потока велики, то может оказаться, что вынос углерода из болота существенно превышает его поступление. С точки зрения определения, данного авторами пособия, такое болото все равно обладает замкнутым циклом углерода, но с точки зрения здравого смысла цикл в данном случае замкнутым не является – идет постоянный вынос углерода. Кстати, обратим в определении внимание на странное слово «сравнимо». Сравнимы ли тиражи рассматриваемого пособия (100 экз.) и учебника [Мишустин и Емцев, 1987] (40 000 экз.)? Да, сравнимы, и это сравнение показывает, что тираж учебника знаменитых микробиологов в 400 раз больше. А авторам пособия лучше было бы употребить «примерно равны» или «равны в среднем за год» вместо «сравнимы». Таким образом, мы имели бы следующее определение: существуют болота, характеризующиеся замкнутым циклом углерода (т. е. в среднем за длительный промежуток времени суммарный вынос углерода из них равен его поступлению).
- 14) На с. 12 пособия читаем: «...существуют два основных пути метаногенеза: снижение CO_2 и "расщепление ацетата"». Что это за «снижение CO_2 »? Может быть описка? Нет, не описка, поскольку чуть дальше читаем опять: «Водород и диоксид углерода можно разъединить, чтобы образовать метан при снижении CO_2 ($\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$)...». Более того, можно даже установить – кто из трех авторов писал эту часть пособия, поскольку в России есть только один человек, на протяжении многих лет упорно использующий этот нелепый термин. Пытаясь понять – откуда могло возникнуть такое странное словосочетание, как «снижение CO_2 », мы в конце концов наткнулись на работу Сергеевой [2004]. Поскольку при этом она ссылается, в частности, на две англоязычные публикации, мы сделали вывод, что имеет место просто неточность перевода. Поскольку описываемый путь с химической точки зрения представляет собой процесс **восстановления CO_2** водородом, то по-английски это записывается как CO_2 -reduction. Конечно, как и почти любое другое слово, «reduction» имеет множество значений, но обычно в англо-русских словарях указывается, что при переводе специализированных текстов из области химии следует использовать термин «восстановление». Тем не менее, томская исследовательница по каким-то лишь ей одной ведомым причинам решила выбрать для перевода другое значение слова «reduction» – «снижение». Остается только сокрушаться, что она ограничилась этим тривиальным значением. Насколько оригинальнее было бы выбрать для перевода другие значения слова «reduction», также имеющиеся в словарях. Например, «понижение в должности». Образование метана путем понижения углекислоты в должности... Как звучит! Или вот еще одно значение – «выделение металла из руды». Метаногенез путем выделения металла из руды CO_2 ... Это, пожалуй, было бы достойно шнобелевской премии!
- 15) Вот наконец мы добрались до следующего рисунка (воспроизводим его под номером 2 – так же, как и в пособии). На наш взгляд, рисунок этот не очень удачный, а местами даже не совсем правильный. Прежде всего сделаем одно замечание по форме: и реакции, и их продукты обозначены авторами пособия одинаково – буквами в кружках или эллипсах. Это (вкуче с сокращениями названий реакций и их продуктов) очень затрудняет восприятие. Обычно названия процессов и вещества, участвующие в них, обозначаются по-разному. Например, Заварзин [2003, с. 32] (при построении схемы трофических взаимоотношений в микробном сообществе) вещества записывает в эллипсах, группы микробов – в прямоугольниках, а процессы написаны просто над соответствующими им стрелочками. Мишустин и Емцев [1987, с. 130] – немного иначе: вещества – в прямоугольниках, группы организмов – в кружочках, а процессы так же написаны просто над соответствующими стрелочками. Кроме того, в подписи к рис. в пособии не обозначено – что такое «CR». Но это были

замечания по форме, а по содержанию **на рис. 2 имеется ошибка – нет стрелочки от CO₂ к метану**. В то время, как только что выше мы обсуждали образование метана путем «снижения CO₂». Ведь сами авторы упоминают CO₂ (пусть должно быть «восстановление», а не «снижение», но ведь именно CO₂)! А соответствующей стрелочки нету...

- 16) На с. 14 пособия читаем: «Натурных оценок потока CO₂ и CH₄ с поверхности болот сравнительно мало». Сравнительно с чем? Если, например, сравнительно с натурными оценками потока CO, то их не мало, а много, даже очень много. Если сравнительно с N₂O, тоже не мало, а столько же или даже больше. Вообще, мало/много – это понятия, которыми более пристало оперировать бабушкам на завалинках. **Ученый должен формулировать свои мысли максимально строго. Вместо того, чтобы использовать совершенно неконкретное слово «мало», ученый должен просто написать число – сколько.** Например, проведенный нами анализ показал, что по одной только России опубликовано как минимум две сотни работ, в которых приводятся потоки CO₂ и CH₄ с поверхности почвы, причем подавляющая часть работ посвящена именно болотам. Естественно, в каждой работе приводится, как правило, не одно значение потока, а значительно больше. Даже если очень грубо приписать каждой работе порядка десятка значений потока, то мы получаем 2000 оценок по одной только России. 2000 – это мало? Если да, то повторим еще раз – это только по России (на самом деле 2000 величин потоков опубликовано по одной только Западной Сибири). По всему миру опубликовано, как минимум, на порядок больше работ – по одному только метану (без CO₂) нам известно порядка 1000 работ (конечно, многие опубликованные работы нам, к сожалению, не известны).



OB – органическое вещество; F 1, F 2 - реакции ферментации; AC – ацетокластические реакции; AG - ацетогенез.

Рис. 2. Основные пути образования метана в торфяных болотах

Рис. 2. Рисунок 2 из [Лактионова с соавт., 2011, с. 13].

- 17) Сразу далее читаем: «...с 1м² поверхности естественных и антропогенных болот может быть выделено от 87 до 2565 мг CO₂». Ничего не значащая фраза! За какой срок может быть выделено столько CO₂? За минуту? За час? За сутки? За сезон? **Когда речь идет о потоках веществ в природе, то (просто по самому определению понятий «поток», «удельный поток» – см., например, [Филиппов, 1986]) необходимо указывать – за какой срок перенесена какая-либо масса вещества** через заданную площадь.

- 18) И почти сразу далее читаем: «...исследователи оценивают интенсивность потока CO_2 с лесных болот за вегетационный период в пределах $50\text{-}250 \text{ мг } \text{CO}_2/\text{м}^2\cdot\text{час}$ ». Во-первых, обратим внимание на размерность. Сейчас в международных научных журналах принято писать размерности, используя только степени и знаки умножения. Если переписать размерность, приведенную авторами, именно в таком виде, то что мы получим? Думаете – $\text{мг } \text{CO}_2\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{час}$? А вот и нет! Авторы имели в виду $\text{мг } \text{CO}_2\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{час}^{-1}$! Так что у них **размерность записана с ошибкой – должно быть не $\text{мг } \text{CO}_2/\text{м}^2\cdot\text{час}$, а $\text{мг } \text{CO}_2/(\text{м}^2\cdot\text{час})$ или, что то же самое, $\text{мг } \text{CO}_2/\text{м}^2/\text{час}$** . Наконец, последнее замечание по этому пункту: **размерность $\text{мг } \text{CO}_2/(\text{м}^2\cdot\text{час})$ соответствует не потоку, а удельному потоку; поток массы имеет размерность отношения единиц массы к единице времени, т.е. в данном случае $\text{мг } \text{CO}_2/\text{час}$** – см. любой университетский курс теории явлений переноса, например, [Филиппов, 1986].
- 19) В конце с. 14 читаем фразу, которая по своей длине могла бы, вероятно, претендовать на то, чтобы войти в книгу рекордов Гиннеса: «Метан, образовавшийся в глубоких слоях торфяной залежи, продвигается к поверхности болота и далее в атмосферу с помощью нескольких механизмов: молекулярная диффузия, эвапотранспирация (метан поступает в атмосферу вместе с водой, испаряемой растениями); транспорт через растения с газовыми каналами и всплывающие пузырьки (этот механизм осуществляется с помощью микроорганизма *Metanosarcina barkeri*, который образует конгломераты клеток с газовыми вакуолями, позволяющими ему всплывать на поверхность при заполнении вакуолей, а после “стравливания” метана плотность клетки увеличивается и конгломерат опускается на дно в анаэробную зону)». М-да... Во-первых, правильное название рода будет *Methanosarcina* (см., например, [Гусев и Минеева, 2003, с. 424]), а не *Metanosarcina*. Во-вторых, неужели авторы пособия всерьез полагают, что без метаносарцины пузырьки ну уж никак не смогут всплыть? Интересно, а в чайнике пузырьки тоже всплывают при помощи *Methanosarcina barkeri*? Нет, мы ничего не имеем против микроорганизмов с газовыми вакуолями. Такие микроорганизмы действительно существуют и действительно всплывают... Но **пузырьки, пользуясь элементарными законами физики, которые изучаются в средней школе, умеют всплывать и безо всяких метаносарцин. Причем без метаносарцин они всплывают гораздо лучше, чем будучи нагруженными этими сарцинами** (а вот метаносарцины не умеют всплывать без пузырьков). Ну и наконец, перечитаем еще раз: «...конгломерат опускается на дно в анаэробную зону». На какое «дно» в торфяной залежи опускаются метаносарцины (помните, ведь фраза начиналась именно с того, что «...в глубоких слоях торфяной залежи...»)? Например, торфяная толща «болота Восточного Васюганья» (которое авторы упоминают в пособии и на котором нами проводились исследования по пузырьковому транспорту метана) имеет мощность около 3 м. Причем местами торф достаточно плотный, а на глубине примерно 1 м лежит слой деревьев. И как через все это пролезает сарцина, чтобы добраться до «дна»? Сколько времени у них на это уходит? К счастью, им не приходится так мучиться, как того хотели бы авторы пособия. Дело в том, что *Methanosarcina barkeri* просто не растет при тех рН, которые наблюдаются в кислых сфагновых болотах! А пузырьки в этих болотах, все-таки, поднимаются.
- 20) На с. 15 пособия читаем: «В настоящее время вызывает научные разногласия оценка вклада каждого процесса в поступление метана в атмосферу». На наш взгляд, **никаких разногласий (ни научных, как пишут авторы пособия, ни каких-либо иных, хотя... какие же еще могут быть разногласия – лженаучные?) в настоящее время по поводу вклада разных процессов в общее поступление CH_4 в атмосферу нет**. Вообще говоря, после этой фразы авторам было бы уместно сослаться на различные литературные источники: вот такой-то автор дает такие-то доли вкладов, а вот такой-то – совершенно другие. Тогда можно было бы проанализировать – в чем же тут дело. Не имея таких ссылок, мы не знаем – откуда авторы сделали вывод о том, что в рассматриваемом вопросе имеются научные разногласия. Можно выдвинуть несколько предположений. Либо они под «настоящим временем» понимают слишком широкий интервал времени, анализируя работы 80-90-хх гг. прошлого века наряду с самыми последними исследованиями и обзорами. Действительно, разногласия внутри, скажем, 20-летнего периода найти возможно. Но это не столько разногласия, сколько отражение эволюции научных взглядов. Либо, если авторы анализируют только последние работы, то за разногласия, скорее всего, были приняты данные, относящиеся к разным сезонам и к разным экосистемам.
- 21) И сразу далее: «Большинство исследователей все же считают, что основная часть метана эмитируется в атмосферу через растения вместе с водой, испаряемой растениями. Но также отмечается, что на разных глубинах работают различные механизмы выделения метана». Первая часть – совершенно верная: действительно, анализ литературы показывает, что большинство (абсолютно подавляющее большинство!) исследователей считает, что часть метана эмитируется в атмосферу через растения,

но... относительно механизма (с водой ли? или как-то иначе?) такого единогласия нет – см. [Kutzbach et al., 2004; Глаголев и Суворов, 2008] и цитированную там литературу. Однако вторая фраза авторов выглядит несколько нелогично – почему она начинается с «но»? Ведь этим она формально противопоставляется первой фразе: большинство считает, что основная часть выходит в атмосферу через растения, но... Что «но»? Разве вторая фраза говорит, что это не так? Нет, вторая фраза говорит совершенно о другом: «на разных глубинах работают различные механизмы выделения метана». Кстати фраза не очень понятная: выделения откуда – куда? Что значит выделения? Образования? Но механизм образования один – микробиологический. Выделения в атмосферу? Но выделение в атмосферу происходит на поверхности, а не на разных глубинах. Возможно, авторы хотели сказать, что перечисленные ими механизмы транспортируют CH_4 в атмосферу с разных глубин при помощи разных механизмов. Ну и что? Ведь эмиссия в атмосферу идет лишь на поверхности. Поэтому **для решения вопроса о том, какой механизм «эмиссирует» (хотя такого термина и не существует, но он интуитивно ясен) основную часть метана, вклад всех механизмов надо проанализировать именно на поверхности и совершенно не важно – какие механизмы действовали на каких глубинах.**

22) Далее читаем: «Как и для эмиссии CO_2 , отмечаются суточные... закономерности выделения метана с поверхности болота». Да, такие закономерности некоторыми исследователями действительно отмечаются. А вот другие, также проводившие несколько измерений в течение ряда дней, никакой закономерной суточной динамики не находят ([Cicerone et al., 1983; Neyer et al., 2002; Глаголев и Клепцова, 2007; Глаголев и Шнырев, 2007]). Т.е. вот тут бы (а не по поводу оценки вклада процессов поступления CH_4 в атмосферу) авторам было бы очень уместно сказать о «научных разногласиях». Но как раз здесь они этого не делают. Более того, переходят к частностям, наблюдавшимся один раз на одном болоте одной группой исследователей: «...было обнаружено, что ночью поток метана значительно выше (в среднем на 38%). За “ночь” условно был принят промежуток времени от 23:00 до 7:00. Интересно отметить, что для среднего потока (т.е. для полусуммы потоков) данное превышение закономерно возрастало с течением времени: 29% в период 29-30 июля, 33% – 2-3 августа, 42% – 12-13 августа и 47% – 17-18 августа...». Нам кажется, что **подобные частные наблюдения в учебном пособии не следует рассматривать, если тут же не приводятся другие противоположные частные наблюдения. А то как бы у студентов не сложилось представления, что это такой закон природы:** примерно каждые сутки превышение ночного потока над дневным возрастает приблизительно на 1% (но вот, например, в [Maksyutov et al., 1999] для того же самого болота, о котором пишут авторы пособия, утверждается, что скорость эмиссии максимальна около полудня, но не поздним вечером).

23) Кроме того, по этой части текста мы вынуждены сделать одно замечание общего характера. К сожалению, в тексте пособия начисто отсутствуют ссылки. Правда, в конце пособия приводится «Использованная литература», так что мы ни в коем случае не хотим обвинить авторов в плагиате⁴. Дело совсем в другом. Вернемся к примеру с только что разобранным фрагментом текста. Поскольку в тексте никак не отмечено – кем же была обнаружена описанная выше суточная динамика, то читатель не знает – в каком первоисточнике искать подробности. Повторим, дело не в том, что если кто-то из читателей захочет вышеприведенную информацию о суточной динамике процитировать в своих публикациях, то, конечно, дальнейшие ссылки будут идти уже на Лактионову с соавт., а не на настоящих авторов этих суточных наблюдений. Но дело в том, что информация, к сожалению, при переписывании из одной публикации в другую немного меняется и теряется. Сравним часть текста, приведенную в пред. п. с тем, что было опубликовано в первоисточнике [Глаголев, 2003]: «...было обнаружено, что ночью поток значимо выше (в среднем на 38%), чем днем (за “ночь” мы условно принимаем промежуток времени от 23:00 до 7:00). Интересно отметить, что для среднего потока (т.е. для полусуммы потоков с вышеуказанных двух площадок) данное превышение закономерно возрастало с течением времени: 29% 29-30.07, 33% 2-3.08, 42% 12-13.08 и 47% 17-18.08, т.е. приблизительно на 1% в сутки». Казалось бы – практически то же самое, что приводят и Лактионова

⁴ Возможно, авторов вообще не в чем обвинить. С нашим пособием [Глаголев, 2010] вышло еще хуже. В нем исходно было около 80 ссылок (причем ссылки эти были расставлены по тексту везде, где мы обращались к материалам других авторов). В таком виде оно и было передано научному редактору, который потребовал ссылки из текста убрать (под предлогом того, что они будут отвлекать внимание студентов), однако обещал оставить весь список использованной литературы в неприкосновенности. К сожалению, из типографии было получено пособие не только без каких-либо ссылок в тексте (к этому мы были готовы), но и список литературы в конце пособия сократился в несколько раз. Однако при издании нашего второго пособия ([Глаголев с соавт., 2010]) нам удалось настоять на необходимости сохранения не только всего списка литературы, но и ссылок непосредственно в тексте.

с соавт. Но мы подчеркнули некоторые словосочетания, которые, на наш взгляд важны и которые отчасти меняют или уточняют смысл данной части текста. Действительно, у нас было «значимо», а у Лактионовой с соавт. стало «значительно». Это совершенно разные понятия! Надо отметить, что наша работа, процитированная выше, представляла собой краткие тезисы, в которых мы не могли описать полностью всю методику и, в частности – статистическую обработку данных. И слово «значимо» несет вполне конкретную смысловую нагрузку: им мы сообщали читателю в очень краткой форме, что статистическая обработка результатов измерений была нами проведена и было обнаружено, что результаты статистически достоверны.

- 24) Читаем далее: «Несмотря на то, что большинство исследований свидетельствует о выделении основной массы метана летом, имеются наблюдения, которые говорят о повышенной эмиссии метана в зимний период». Ах, вот бы посмотреть на эти наблюдения! И было бы очень хорошо, если бы авторы вместо (как почти всегда у них) не очень конкретных слов, типа «повышенной», просто привели бы цифры: вот, такие-то исследователи в таком-то районе наблюдали такую-то среднюю эмиссию летом и вот такую-то – зимой. Тогда, возможно, выяснилось бы, что в данном случае «повышенной» означает вовсе не повышенной по сравнению с летом (как может показаться на первый взгляд). Дело в том, что долгое время внимание уделялось только летним измерениям, а эмиссия в зимний период принималась равной нулю. Потом, когда появились экспериментальные измерения зимних потоков, оказалось, что они гораздо выше... нет, конечно, не летних, а **принимавшихся ранее** нулевых зимних.
- 25) В конце с. 15 пособия читаем: «...показано, что низинные болота с высокой минерализацией и интенсивными процессами биологического круговорота в общем балансе метана в России играют второстепенную роль вследствие замкнутости цикла Зенгена. Напротив, верховые болота с малой интенсивностью обмена вследствие занимаемой ими площади рассматриваются как наиболее мощный источник метана, образуемого по всему профилю болота, включая его глубокие горизонты. Например, показано, что верховые олиготрофные кустарничково-сфагновые болота продуцируют метан в количестве 0.04-0.91, мезотрофные крупнобугристые – 0.01-0.95, кедровая согра – 0.01-0.91 мгС/(м²·ч)». Опять не очень логичный кусок текста! Смотрите: «...низинные болота в общем балансе метана в России играют второстепенную роль вследствие замкнутости цикла Зенгена. Напротив, верховые болота...», по идее, дальше должно бы идти утверждение о том, что они играют первостепенную роль вследствие, соответственно, незамкнутости цикла Зенгена. Но нет! Они ее играют «вследствие занимаемой ими площади». А как же цикл Зенгена? А он не замкнут ни у низинных, ни у верховых болот. Ну, про верховые болота авторы и сами пишут, а вот высокие средние удельные потоки из низинных болот неоднократно публиковались в литературе – см., например, [Bartlett and Harriss, 1993; Pelletier et al., 2007; Глаголев с соавт., 2009; Глаголев с соавт., 2010б]. Впрочем, мы бы могли и не обременять читателя этими ссылками, ведь авторы пособия сами, как видим, дают пример того, что потоки в низинных болотах практически такие же, как в верховых. Действительно, сравним: «...верховые... болота продуцируют метан в количестве 0.04-0.91, ..., кедровая согра – 0.01-0.91 мгС/(м²·ч)». Но ведь согры – это низинные болота, причем и согры вообще (см., например, [Березина с соавт., 1974, с. 177; Храмов и Валуцкий, 1977, с. 54] или даже учебник научного редактора рассматриваемого пособия – Л.И. Инишевой [2009, с. 144]) и конкретно кедровые согры [Денисенков, 2000, с. 76]. Более того, на с. 27 пособия авторы приводят таблицу с данными по эмиссии из низинного болота «Таган» 15 мая 2011 г. В этой таблице минимальная эмиссия для СН₄ составляет 2.016, а максимальная – 9.056 мг/(м²·час). Так что **если низинные болота в общем балансе метана в России действительно играют второстепенную роль, то не вследствие замкнутости цикла Зенгена, а, скорее, вследствие меньшей их площади. Кстати, приводимые авторами пособия величины удельных потоков на самом деле имеют существенно больший разброс** – см., например, [Bartlett and Harriss, 1993; Voeckx and van Cleemput, 1996; Глаголев и Клепцова, 2007; Глаголев с соавт., 2010а].
- 26) На с. 24 пособия мы видим «**Рис. 10. Камера для измерения эмиссии парниковых газов**». **Этот рисунок был выполнен учебным мастером Н.А. Шныревым** (МГУ им. М.В. Ломоносова). Он разрешил использовать его в наших публикациях с указанием соответствующей благодарности. Повидимому, авторы пособия заимствовали данный рисунок из [Глаголев с соавт., 2010], где благодарность учебному мастеру была выражена в Предисловии. Но ведь в рассматриваемом сейчас учебном пособии Лактионовой с соавт. уже никакой благодарности нет, равно как и нет указания – откуда заимствован рисунок. Если авторы принципиально не могут принять общепринятый способ проставления ссылок при цитировании или ином заимствовании материалов работ других авторов, то мы можем порекомендовать им иной путь. Например, в известной книге Г.А. Заварзина [2003] в конце приведен «Список заимствованных рисунков и таблиц», в котором даны точные ссылки на ту

литературу, откуда взят тот или иной рисунок либо таблица. Кстати, кроме того, что такой способ позволяет избежать обвинений в плагиате, он еще и снимает с авторов подозрение в некомпетентности, перекладывая его на истинных виновников. Такой способ снимает и опасения научного редактора пособия, состоящие в том, что ссылки в тексте будут мешать студентам воспринимать излагаемый материал – в тексте ссылок не будет, но они (хотя бы в отношении рисунков и таблиц) будут вынесены в конец пособия, где студенты просто не станут их читать, если не захотят.

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Аккредитованная испытательная лаборатория агроэкологии

634050 г. Томск
 пр. Комсомольский, 75
 тел. (52-00-99)
 сот. тел. 8-909-539-76-39
 e-mail: agroecol@tspu.edu.ru

Ведомость № 10
образцов на эмиссию газов (CO₂, CH₄, N₂O)
Объект - Таган

№ п/п	Пункт	Дата отбора	Время отбора	Повторность
222	Пункт 3	15.06.2011	0 мин	1
223	Пункт 3	15.06.2011	0 мин	2
224	Пункт 3	15.06.2011	0 мин	3
225	Пункт 3	15.06.2011	30 мин	1
226	Пункт 3	15.06.2011	30 мин	2
227	Пункт 3	15.06.2011	30 мин	3
228	Пункт 3	15.06.2011	60 мин	1
229	Пункт 3	15.06.2011	60 мин	2
230	Пункт 3	15.06.2011	60 мин	3

Итого: 9 пробирок. Для анализа берутся пробы 0 и 60 мин.

Сдал ведомости: Сергеева М.А.

Дата: 07.07.2011

Рис. 12. Пример оформления ведомости образцов на эмиссию газов

Рис. 3. Рисунок 12 из [Лактионова с соавт., 2011, с. 26].

27) На с. 27 пособия видим формулу $F = (c - c_0) \cdot V / (t \cdot S) = (c - c_0) \cdot H / t$ для расчета удельного потока после измерений камерным методом, а также пояснения к ней: « F – удельный поток газа из почвы в атмосферу, мг/м²·час; c – концентрация определяемого газа в момент времени t , мг; c_0 – исходная концентрация газа, мг; V – объём камеры, м³; S – площадь нижней части камеры, м²; H – высота камеры, м; t – время экспозиции, ч». Очевидно, что **размерность концентрации приведена неправильно: мг – это единицы измерения массы, а концентрация должна выражаться в единицах массы, деленных на единицу объема, т.е. в данном случае – мг/м³. Размерность удельного потока тоже приведена неправильно**, но это мы уже обсуждали выше в п. 18, а сейчас просто приведем правильную размерность: в данном случае это – мг/(м²·час). Наконец, отметим, что H имеет смысл высоты только для камер очень простой формы, т.е. для таких, для которых отношение объема к площади нижнего основания равно высоте (как, например, это имеет место у цилиндра), а вот, скажем, для конической камеры H уже не будет высотой. Формула эта – очень простая, но в вычислительном плане – наихудшая, поскольку она дает довольно большую погрешность вычисления потока. Действительно, и c , и c_0 определяются с некоторой погрешностью, источниками которой являются как пробоотбор, так и хроматографический анализ. Все это разобрано в учебном пособии [Глаголев с соавт., 2010], которое также было издано ТГПУ для тех же

самых студентов, что и пособие Лактионовой с соавт., поэтому последние могли просто сослаться на более точные формулы, использующие метод наименьших квадратов и разобранные в нашем пособии, где, кроме того, даны и компьютерные программы (кстати, критикуемая здесь простейшая формула в нашем пособии тоже есть, но там она демонстрирует самые азы теории камерного метода, а не рекомендуется для практических расчетов).

Таблица 2 Пример заполнения лабораторного журнала

Дата и место отбора	Время отбора	Повторность	Хроматографические данные, ppm		Концентрация, мг/м ³		Повторность	Эмиссия, мг/м ² *час	
			CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄		CO ₂	CH ₄
Т.м. «Таган», п. 3, 15.05.11	0 мин	1	902,3	206,7	451,15	103,35	1	38,432	2,016
	0 мин	2	1018,6	201,8	509,3	100,9	2	0,864	4,352
	0 мин	3	680,4	188,0	340,2	94,0	3	109,09	9,056
	60 мин	1	1022,4	213,0	511,2	106,5			
	60 мин	2	1021,3	215,4	510,65	107,7			
	60 мин	3	1021,3	216,3	510,65	108,15			

Рис. 4. Таблица 2 из [Лактионова с соавт., 2011, с. 27].

28) Кстати, а как же вообще считать по формуле, рекламируемой Лактионовой с соавт.? Вот, например, на с. 25 своего пособия авторы пишут: «Через 30 и 60 мин после первого забора воздуха в той же последовательности из каждой камеры отбирают пробы во второй и третий вакутейнеры». Таким образом, для одного определения удельного потока пробы из камеры отбираются трижды: в моменты относительного времени 0 мин, 30 мин и 60 мин. Это же подтверждают рисунки 11 и 12 пособия, на которых изображены этикетки вакутейнеров и ведомость (мы воспроизведем здесь на рис. 3 только один из них). Итак, после анализов имеется ТРИ значения концентрации, а в формулу входит только ДВА. К счастью, авторы пособия дают пример расчета в таблице 2 (у нас это – рис. 4). Но что же мы видим? Для расчета остались только пробы, отобранные в ДВА момента времени (0 и 60 мин) а 30-минутные пробы куда-то подевались... И зачем вообще их было отбирать, если авторы не знают, что с ними делать дальше!?! Конечно, авторы могут возразить, что в ведомости №10 перечислены пробы, отобранные 15 июня, а в таблице 2 анализируются те, что отобраны 15 мая, но их и отбирали, возможно, только в 0 и 60 мин. Ну, так и привели бы пример обсчета проб 15 мая! Ведь и в общем ходе работы написано, что следует отбирать пробы трижды. **Итак, несмотря на то, что пробы рекомендуется отбирать в три последовательные момента времени, авторы приводят только простейшую формулу, позволяющую обрабатывать лишь два последовательных измерения; пример расчета, естественно, дан тоже только для двух последовательных измерений.**

29) Тем не менее, пример хотя бы для двух последовательных измерений в пособии есть, и давайте сейчас проверим его. Для первой «метановой» повторности, как видим в таблице, $c = 106.5$ ppm, $c_0 = 103.35$ ppm, $t = 1$ час. А каковы значения V и S ? К счастью, в пособии на с. 24 авторы приводят схематическое изображение камеры с указанием размеров – камера представляет собой куб, каждое ребро которого имеет длину 0.4 м, следовательно, $H = 0.4$ м, тогда $F = (106.5 - 103.35) \cdot 0.4 / 1 = 1.26$. Но... у авторов пособия в таблице приведен совсем иной результат: 2.016 мг/(м²*час)! Если провести расчеты удельных потоков для повторностей 2 и 3, то мы и там получим величины, отличающиеся от величин, приведенных в пособии... ровно в 1.6 раза ($2.016 / 1.26 = 1.6$). Почему **авторы все время совершают одну и ту же ошибку (завышают потоки в 1.6 раза)**, нам не ведомо. Если вездливый читатель проверит расчеты для удельных потоков CO₂, то и там он столкнется с точно таким же завышением в 1.6 раза.

- 30) А теперь взгляды лучше в исходные величины, по которым ведется расчет. Господи! Да ведь начальная концентрация метана превышает атмосферную в... СТО РАЗ!!! Если камера аккуратно ставится на основание, то в камере в начальный момент времени находится атмосферный воздух, а в нем концентрация метана немного меньше 2 ppm. Но у авторов в начальный момент времени – более 200 ppm. Откуда взялось столько метана? Поскольку авторы пособия совершенно справедливо пишут, что перед отбором первой пробы камеру следует тщательно проветрить, то это не может быть метан, оставшийся после предыдущего измерения. Значит, такую высокую концентрацию мог дать только метан, неосторожно выдавленный из почвы. Вести измерения в таких условиях ни в коем случае нельзя!!! Превышение начальной концентрации в несколько раз служит основанием для того, чтобы соответствующую серию измерений забраковать. Почему? По ряду причин. Во-первых, если метан был выдавлен в таком количестве, то некоторое время поток может быть значительно меньше потому, что образующийся в почве метан не будет сразу выходить в атмосферу, а будет заполнять поры в отчасти дегазированной почве. Во-вторых, потребление CH_4 метанотрофами из атмосферы увеличивается с увеличением его концентрации. Поскольку в атмосфере содержится около 1.8 ppm метана, то естественной (для поверхности болот) можно считать только такую скорость его потребления, которая наблюдается именно при этой (или близкой к ней) концентрации метана. При концентрации 200 ppm скорость потребления может быть существенно больше. В результате, измеряемый камерой удельный поток, равный разнице между чистым выделением метана и его поглощением, может очень сильно отличаться от того, который наблюдается в естественных условиях. Итак, **в своей Таблице 2 авторы пособия приводят никуда не годные данные, по которым ни в коем случае нельзя рассчитывать удельные потоки!** Конечно, иногда полезно разобрать типичные ошибки и для этого можно разобрать со студентами примеры неправильных данных. Но именно разобрать: подробнейшим образом разъяснить – почему эти данные плохие! Здесь же мы имеем просто таблицу с очень плохими данными, без какого-либо ее анализа.
- 31) Наконец, обратим внимание еще на одну ошибку авторов, имеющую отношение к рассматриваемому расчету. Чтобы получить разумную размерность удельного потока, как справедливо пишут авторы на с. 27 пособия «...концентрацию газов следует выражать в $\text{мг}/\text{м}^3$...». Но вот по поводу того, как это сделать, Лактионова с соавт. дают неправильный совет: «...учитывать, что, согласно математическим расчетам, $1 \text{ ppm} = 0.5 \text{ мг}/\text{м}^3$ ». Как же так? Ведь чуть выше авторы давали правильное определение того, что такое ppm: «...ppm (сокращение от английского “part per million” – “одна часть на миллион”, т.е. $1 \text{ ppm} = 10^{-4}\%$)». Но ведь из этого определения следует, что **ppm нужно пересчитать в $\text{мг}/\text{м}^3$ при помощи газовых законов, следовательно, коэффициент пересчета будет включать температуру, давление и молекулярную массу газа. Простое правило, что 1 ppm примерно равен $0.5 \text{ мг}/\text{м}^3$** будет действовать, таким образом, далеко не всегда. Более того, оно просто **не является верным (очевидно, что поскольку молекулярная масса CH_4 и CO_2 сильно различается, то для них не может быть одного и того же пересчетного коэффициента)**. «Правило Лактионовой-Савельева-Сергеевой» будет верным только в одном частном случае: не для мг газа, а в пересчете на массу углерода газа и лишь для тех газов, в молекуле которых только 1 атом углерода (в нормальных условиях). Действительно, в нормальных условиях моль газа занимает объем 22.4 л. Если мы рассматриваем газ, в молекуле которого имеется только 1 атом углерода, то в этом объеме будет $12 \text{ г C} = 12000 \text{ мг C}$. Сколько углерода будет содержаться не в 22.4 л, а в 1000 л (т.е. в 1 м^3)? Ответ очевиден: $1000 \cdot 12000 / 22.4 = 5.4 \cdot 10^5 \text{ мг C}$. Но пока речь шла о чистом газе, т.е. предполагалось, что рассматриваемый нами кубометр был заполнен одним только этим газом. А ppm (по определению) – это одна миллионная доля. Т.е. если в кубометре газовой смеси имеется лишь миллионная доля газа, то это и будет 1 ppm. Но миллионная доля будет содержать $5.4 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6} = 0.54 \approx 0.5 \text{ мг C}$. Вот откуда взялось мистическое число 0.5. Но еще раз подчеркнем, что это – мг углерода! Поэтому, строго говоря, когда в своей таблице Лактионова с соавт. пишут, «эмиссия $\text{мг}/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ », то они делают ошибку, должно быть «эмиссия $\text{мгC}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$ » (даже две ошибки – как видим, в таблице они опять забыли скобки в знаменателе). Формула пересчета ppm в $\text{мг}/\text{м}^3$ для общего случая различных температур, давлений и молекулярных масс дана, например, в [Глаголев с соавт., 2010]. Напомним, что это наше учебное пособие также издано ТГПУ под научной редакцией чл.-корр. РАСХН Л.И. Инишевой для тех же самых студентов, что и пособие Лактионовой с соавт. И никуда не годится, что два пособия противоречат друг другу по вопросу, имеющему однозначно правильный ответ.
- 32) На с. 29 авторы в качестве примера приводят несколько графиков сезонной динамики CO_2 и пытаются содержательно анализировать особенности этих графиков на с. 28 и 30. Однако **на**

графиках не показана погрешность определения потоков (а она обязательно должна быть, поскольку авторы справедливо указывали на с. 25, что «На каждом наблюдательном пункте на максимально близком расстоянии друг от друга устанавливаются три камеры для обеспечения трех повторностей»). *Раз погрешность не показана, то и обсуждать нечего – небольшие пики, которые столь подробно обсуждают авторы, могут утонуть в погрешности, которая, скорее всего, будет довольно большой, как это следует из рис. 4, где в таблице для удельного потока CO₂ из болота «Таган» приведены результаты трех повторностей, полученных на одном и том же «п.3» 15 мая 2011 г.: 38.432, 0.864 и 109.09 мг/(м²·час).*

33) На с. 38 пособия о пламенно-ионизационном детекторе (ПИД) и катарометре (ДТП) хроматографа «Кристалл-5000» сказано «...чувствительность ПИДа в разы превышает ДТП». *На самом деле у этого хроматографа* (да и у большинства других) *чувствительность ПИДа превышает чувствительность ДТП даже не в десятки или сотни, а в тысячи раз:* при помощи ПИДа на хроматографе «Кристалл-5000» удастся измерить менее, чем $5 \cdot 10^{-2}$ ppm CH₄, в то время как ДТП не реагирует даже на 50 ppm CH₄.

Начиная со с. 39 пособия авторы описывают порядок работы на газовом хроматографе «Кристалл», некоторые операции по его обслуживанию и устранению типичных неисправностей, а также технику безопасности, по-видимому, строго следуя в этом своем описании инструкции к прибору. Нельзя не отметить, что описание это – весьма четкое и ясное, не упускающее мельчайших частных деталей, например, таких (с. 40): «...войти в операционную систему MS Windows под логином “Хроматограф”, пароль для входа 052531. В случае если до начала работы с хроматографом на данном компьютере велись работы под другими логинами (“каф. Ботаники”, “Лаборатория” и т.д.), то желательно перезагрузить компьютер и зайти под логином “Хроматограф”». Это полезное описание перемежается со столь же ценными советами (например, на той же с. 40 можем прочитать: «...задание режима, создание метода и другие операции производить при использовании ПК с программным обеспечением “Хроматэк Аналитик”. Рекомендуется предварительно изучить Руководство пользователя 214.00045–51И»). Единственное замечание, которое мы можем сделать, состоит в том, что, излагая «Технику безопасности при работе с газовыми приборами», на с. 54 пособия авторы совершенно справедливо приводят следующий важный п. 2: «Баллоны со сжатыми газами (аргон, водород, азот и т.д.) должны располагаться снаружи здания, в железных контейнерах (отдельно каждый баллон), с защитой от солнечных лучей». Но на с. 37 приводят фотографию общего вида газового хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2» (в пособии это – рис. 16), на которой ясно видны два газовых баллона, стоящих не снаружи здания и не в железных контейнерах, а в помещении лаборатории безо всяких контейнеров (более того, чтобы не возникало никаких сомнений, на рис. подписано, что это – именно «газовые баллоны»). И хотя понятно, что авторы не могли столь грубым образом нарушить пропагандируемую ими технику безопасности (поэтому, возможно, для фотографирования использовались пустые баллоны – без сжатых газов), тем не менее, *студенты могут неправильно понять указанный рисунок, подсознательно восприняв его как некое напутствие к нарушению техники безопасности.*

Итак, как читатель мог убедиться, приведенные мелкие и мельчайшие замечания почти совершенно не влияют на качество пособия, являющегося, образно говоря, одной из самых заметных жемчужин в и без того ярком ожерелье учебных пособий, подготовленных в стенах Томского государственного педагогического университета под научной редакцией чл.-корр. РАСХН проф. Л.И. Инишевой! Да иначе и быть не могло, ведь рецензентами данного учебного пособия, если верить его выходным данным, были такие выдающиеся специалисты, как доценты Е.В. Порохина (к.б.н.) и Г.В. Ларина (к.х.н.), которые, конечно, не могли бы пропустить сколько-нибудь серьезные ошибки.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор благодарен чл.-корр. РАСХН д.с.-х.н. проф. Л.И. Инишевой, обратившей его внимание на рассмотренное выше пособие и подавшей ему мысль о написании рецензии.

ЛИТЕРАТУРА

- Березина Н.А., Куликова Г.Г., Лисс О.Л., Предтеченский А.В., Скобеева Е.И., Тюремнов С.Н. 1974. Типология, районирование и пути классификации растительного покрова болот центральной части Западно-Сибирской низменности // Типы болот СССР и принципы их классификации / Под ред. Т.Г. Абрамовой, М.С. Боч, Е.А. Галкиной. Л.: Наука. С. 174-181.
- Бочков А.Ф., Афанасьев В.А., Заиков Г.Е. 1980. Углеводы. М.: Наука. 176 с.
- Глаголев М.В. 2010. Болотообразовательный процесс. Роль болот в круговороте CO₂ и CH₄. Томск: Изд-во ТГПУ. 112 с.
- Глаголев М.В., Жужман И.В., Чистотин М.В. 2003. К вопросу о существовании внутрисуточной динамики потока метана из болотной почвы // Вторая Международная конференция «Эмиссия и сток парниковых газов на территории северной Евразии», 16-20 июня 2003: Тезисы докладов. Пушкино. С. 32-33.

Глаголев М.В., Клепцова И.Е. 2007. Многолетний мониторинг эмиссии метана из болот Томской области // Материалы Российской конференции "Седьмое сибирское совещание по климатологическому мониторингу"; [под ред. М.В. Кабанова]. Томск: "Аграф-Пресс". С. 308-311.

Глаголев М.В., Клепцова И.Е., Казанцев В.В., Филиппов И.В., Мачида Т., Максютков Ш.Ш. 2009. Эмиссия метана из типичных болотных ландшафтов лесостепи Западной Сибири: к «стандартной модели» CH_4 // Вестник ТГПУ. Вып. 11(89). С. 198-206. Статья также доступна по URL: http://vestnik.tspu.ru/files/PDF/articles/glagolev_m_v_198_206_11_89_2009.pdf (дата обращения: 29.07.2010).

Глаголев М.В., Клепцова И.Е., Филиппов И.В., Казанцев В.С., Мачида Т., Максютков Ш.Ш. 2010б. Эмиссия CH_4 из болотных ландшафтов подтайги Западной Сибири: к «стандартной модели» CH_4 // Вестник МГУ, сер. 17: Почвоведение. №2. С. 43-50.

Глаголев М.В., Сабреков А.Ф., Казанцев В.С. 2010. Физикохимия и биология торфа. Методы измерения газообмена на границе почва-атмосфера. Томск: Изд-во ТГПУ. 104 с.

Глаголев М.В., Сирий А.А., Лапшина Е.Д., Филиппов И.В. 2010а. Изучение потоков углеродсодержащих парниковых газов в болотных экосистемах Западной Сибири // Вестник ТГПУ. Вып. 3(93). С. 120-127. Также доступна по URL (дата обращения: 29.07.2010): http://vestnik.tspu.ru/files/PDF/articles/gostisheva_m_v_120_127_3_93_2010.pdf

Глаголев М.В., Суворов Г.Г. 2007. Эмиссия метана болотными почвами средней тайги Западной Сибири (на примере Ханты-Мансийского автономного округа) // Доклады по экологическому почвоведению. Вып. 6. №2. С. 90-162. Статья доступна по URL: http://jess.msu.ru/index.php?option=com_scibibliography&func=view&id=55&Itemid=121&catid=65 (дата обращения: 29.07.2010).

Глаголев М.В., Суворов Г.Г. 2008. Болота в проблеме метана как парникового газа: что сделано и что предстоит сделать? // Доклады по экологическому почвоведению, вып. 8, №2, с. 19-43. Статья доступна по URL (дата обращения: 29.07.2010): <http://jess.msu.ru/images/stories/scibibliography/2008/number2/08006es.pdf>

Глаголев М.В., Шнырев Н.А. 2007. Динамика летне-осенней эмиссии CH_4 естественными болотами (на примере юга Томской области) // Вестник МГУ, сер. Почвоведение. №1. С. 8-15.

Денисенков В.П. 2000. Основы болотоведения. СПб.: Изд-во СПбУ. 224 с.

Городец Б.С. 2010. Геологи шутят... и не шутят. М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ». 224 с.

Грандберг И.И. 2001. Органическая химия. М.: Дрофа. 672 с.

Гусев М.В., Минеева Л.А. 2003. Микробиология. М.: Издат. центр «Академия». 464 с.

Заварзин Г.А. 2003. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука. 348 с.

Зуев В.Е., Титов Г.А. 1996. Современные проблемы атмосферной оптики. Т. 9: Оптика атмосферы и климат. Изд-во «Спектр» ИОА СО РАН.

Инишева Л.И. 2009. Болотоведение. Томск: Изд-во ТГПУ. 210 с.

Кароль И.Л. 1996. Оценки характеристик относительного вклада парниковых газов в глобальное потепление климата // Метеорология и гидрология. № 11. С. 5-12.

Лактионова Е.А., Савельев В.В., Сергеева М.А. 2011. Физикохимия и биология торфа: Определение парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O) в торфах методом газовой хроматографии. Практикум по газохроматографическому анализу. Томск: ЦНТИ. 60 с.

Леггет Дж. 1993. Природа парникового эффекта // Глобальное потепление: Доклад Гринпис. М.: Изд-во МГУ. С. 13-41.

Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. 1987. Микробиология. М.: Агропромиздат. 368 с.

Сергеева М.А. 2004. Микробиологические аспекты образования метана в толще болота // Болота и биосфера: Сборник материалов Третьей Научной Школы (13-16 сентября 2004 г.). Томск: Изд-во ЦНТИ. С. 31-37.

Усов А.И. 1998. Углеводы // Химическая энциклопедия. Т. 5 / Под ред. Н.С. Зефирова. М.: Большая Российская Энциклопедия. С. 36-39.

Филиппов Л.П. 1986. Явления переноса. М.: Изд-во МГУ. 120 с.

Хлопкин М.Н. 1991. Теплоемкость // Физические величины. Справочник / Под ред. И.С. Григорьева и Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат. с. 197-221.

Храмов А.А., Валуцкий В.И. 1977. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья (структура и биологическая продуктивность). Новосибирск: Наука.

Шнейдер С., Келлог У. 1976. Химические основы изменения климата / Химия нижней атмосферы. М.: Мир. С. 252-310.

Bartlett K.W., Harriss R.C. 1993. Review and assessment of methane emissions from wetlands // Chemosphere. V. 26. P. 261-320.

Beck L.L. 1993. A Global Methane Emissions Program for Landfills, Coal Mines, and Natural Gas Systems // Chemosphere. V. 26. N.1-4. P. 447-452.

Boeckx P., van Cleemput O. 1996. Flux estimates from soil methanogenesis and methanotrophy: landfills, rice paddies, natural wetlands and aerobic soils // Environmental Monitoring and Assessment. V. 42. P. 189-207.

Cicerone R.J., Shetter J.D., Delwiche C.C. 1983. Seasonal Variation of Methane Flux From a California Rice Paddy // Journal of Geophysical Research. V. 88. P. 11022-11024.

Fiore A.M., Jacob D.J., Field B.D., Streets D.G., Fernandes S.D., Jang C. 2002. Linking ozone pollution and climate change: The case for controlling methane // Geophys. Res. Lett. V. 29. 1919. DOI:10.1029/2002GL015601.

Heyer J., Berger U., Kuzin I.L., Yakovlev O.N. 2002. Methane emissions from different ecosystem structures of the subarctic tundra in Western Siberia during midsummer and during the thawing period // Tellus B. V. 54. Issue 3. P. 231-249. doi:10.1034/j.1600-0889.2002.01280.x.

Kandlikar M., McRae G.J. 1995. Inversion of the global methane cycle using chance constrained programming: methodology and results // Chemosphere. V. 30. No. 6. P. 1151-1170.

Kutzbach L., Wagner D., Pfeiffer E.-M. 2004. Effect of microrelief and vegetation on methane emission from wet polygonal tundra, Lena Delta, Northern Siberia // Biogeochemistry. V. 69. P. 341-362.

Maksyutov S., Dorofeev A., Makhov G., Sorokin M., Panikov N., Gadzhiev I., Inoue G. 1999. Atmospheric methane concentrations over wetland: measurements and modeling // Proceedings of the Fourth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1995. Sapporo: Kohsoku Printing Center. P. 125-131.

Pelletier L., Moore T.R., Roulet N.T., Garneau M., Beaulieu-Audy V. 2007. Methane fluxes from three peatlands in the La Grande Rivière watershed, James Bay lowland, Canada // J. Geophys. Res. V. 112. G01018. DOI:10.1029/2006JG000216.

Поступила в редакцию: 01.08.2011