

## ДИСКУССИИ

УДК 631.41

### О ДИССЕРТАЦИИ Н.А. ШНЫРЕВА: I. МИКРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ДРУГИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

*Сабреков А.Ф.*<sup>2,3,4)</sup>, *Глаголев М.В.*<sup>1,2,3,4)</sup>

<sup>1)</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Россия)

<sup>2)</sup>Институт лесоведения РАН, с. Успенское Московской обл. (Россия)

<sup>3)</sup>Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск (Россия)

<sup>4)</sup>Томский государственный университет (Россия)

sabrekovaf@gmail.com, m\_glagolev@mail.ru

*Настоящая работа посвящена разбору некоторых на наш взгляд спорных и дискуссионных положений, высказанных в диссертации Николая Андреевича Шнырева «Режимные наблюдения и оценка газообмена на границе почвы и атмосферы (на примере потоков метана болотного стационара среднетаежной зоны Западной Сибири “Мухрино”)». Поскольку затронутые в диссертации методологические вопросы являются чрезвычайно важными для такой актуальной темы как оценка баланса парниковых газовых для наземных экосистем, корректности их трактовки необходимо уделять повышенное внимание. Ключевыми поднятыми в диссертации в этом контексте являются вопросы о применимости и работе микрометеорологических методов как альтернативных по отношению к классическим камерным. Рассмотрены критика этих методов Н.А. Шныревым, введенная диссертантом новая классификация методов измерения газообмена на границе почвы и атмосферы, а также ряд вопросов, связанных с историей изучения эмиссии метана болотами Западной Сибири и методологией работы различных методов.*

**Ключевые слова:** метод турбулентных пульсаций, метод автоматических камер, эмиссия, метан, болот, Западная Сибирь.

**Цитирование:** Сабреков А.Ф., Глаголев М.В. 2016. О диссертации Н.А. Шнырева: I. Микрометеорология и другие замечания // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 2. С. 26-37.

Мы будем следовать правилу, которого придерживались философы и историки науки нашего века – Эмиль Мейерсон и Александр Койре: анализировать ошибки мысли также тщательно, как и научные успехи ученых.

*В.В. Низовцев*

## ВВЕДЕНИЕ

### **Болота Западной Сибири в проблеме оценки эмиссии метана**

Метан – один из основных парниковых газов, т.е. газов, накопление которых в атмосфере усиливает ее разогрев. Болота являются хранилищами огромных запасов природного углерода, часть которого в результате жизнедеятельности микроорганизмов и фотосинтеза участвует в процессах обмена с атмосферой и поэтому должна учитываться в глобальном цикле [Краснов и др., 2010].

В настоящее время, в связи с изменением климата, исследователи большое внимание уделяют изучению углеродного баланса торфяно-болотных экосистем. Биохимические процессы, протекающие в торфяных залежах, определяют газовый режим болот и эмиссию парниковых газов. Известно, что скорость и направленность биохимических превращений, происходящих в торфяной залежи, во многом определяется ее гидротермическим режимом и погодными условиями в течение вегетационного периода [Порохина, Голубина, 2014]. Безусловно, среди тех регионов, где торфяно-болотных экосистемы получили широкое распространение, особо выделяется Западная Сибирь.

Достаточно сказать, что в Тюменской области заболочены 29 млн. га, в Томской – 8.6 млн. га, в Новосибирской – 1.8 млн. га, в Омской – 1.1 млн. га [Краснов и др., 2010]. В Западной Сибири проводились многочисленные измерения эмиссии  $\text{CH}_4$  [Паников и др., 1993; Глаголев, Клепцова, 2009; Sabrekov et al., 2011; Инишева и др., 2014]. Но, как правило, при

интерпретации данных возникали трудности, обусловленные, среди прочего, краткосрочностью измерений [Краснов и др., 2010]. Вероятно, это является одной из объективных причин неудовлетворенности исследователей состоянием изученности проблемы углеродного баланса и парниковых газов, порождающих, подчас, жаркие дискуссии. В качестве примера такой дискуссии, развернувшейся на страницах нашего журнала, можем привести [Глаголев, Сабреков, 2014; Смагин, 2014; Евдокимов, Ларионова, 2015; Курганова, Кудяров, 2015]. Отсюда очевидно, что особый интерес представляет исследование торфяных залежей, различающихся по условиям торфообразования и химическим свойствам в комплексе с другими показателями функционирования болот (уровнем болотных вод, температурой и др.), что достигается при помощи стационарных методов наблюдений [Порохина, Голубина, 2014].

В данной работе мы рассмотрим одно из новейших исследований, посвященных этой проблеме: диссертационную работу Николая Андреевича Шнырева [2016] «Режимные наблюдения и оценка газообмена на границе почвы и атмосферы (на примере потоков метана болотного стационара средне-таежной зоны Западной Сибири “Мухрино”)». В связи с небольшим допустимым объемом журнальной статьи, перед нами встал нелегкий выбор: а) подробно описать достоинства работы и опустить недостатки (ибо на них, возможно, не останется места); б) кратко перечислить достоинства и недостатки; в) подробно рассмотреть недостатки (по большей части – ошибки) и опустить достоинства (ибо места не хватит уже на них). Полагаем, что (б) неприемлемо, поскольку не позволит раскрыть ни то, ни другое. А единственно разумный выбор между (а) и (в) очевиден. Ведь то, что представлялось оппонентам и иным рецензентам достоинствами диссертации, уже многократно прозвучало в отзывах на нее; поэтому мы посчитали возможным просто присоединиться к некоторым из них, но данную рецензию посвятить недостаткам. Мы искренне считаем, что именно исправление ряда ошибок рецензируемой диссертации может принести реальную пользу заинтересованным читателям, особенно в том случае, если они вдруг захотят воспользоваться идеями, методами или результатами Н.А. Шнырева.

Впрочем, критика собственных методов и результатов Н.А. Шнырева с неизбежностью (учитывая его квалификацию и работоспособность) будет столь обширна, что этому мы планируем посвятить целый ряд статей в недалеком будущем. *Целью же данной работы, в основном, был анализ некоторых, как будет показано ниже, ошибочных гипотетических представлений диссертанта в области микрометеорологических методов измерения потоков газов на границе почва/атмосфера.*

### **Краткое содержание диссертационной работы**

Диссертация Н.А. Шнырева построена по традиционной схеме и состоит из Введения, трех глав, Выводов и Списка литературы. Объем работы составляет 184 страницы, она содержит 2 таблицы и 55 рисунков. В списке литературы насчитывается 293 источника, из которых 120 – на иностранных (не только на английском, но и, в частности, на чешском!) языках.

Во Введении автор в соответствующих разделах охарактеризовал актуальность темы диссертации; цель и задачи исследования; положения, выносимые на защиту; научную новизну; практическое значение работы; ее апробацию; отразил личный вклад, полученные гранты и вышедшие публикации, объем и структуру работы.

Первая глава представляет собой литературный обзор по проблеме изучения газообмена между почвой и атмосферой. На 52 страницах в двух подглавах автор дает, во-первых, краткий исторический обзор изучения газообмена почв с атмосферой и, во-вторых, сравнительный анализ методов изучения этого газообмена.

Вторая глава посвящена развернутому описанию объектов и методов исследования. Автор подробно характеризует физико-географические и климатические условия района исследований, а также растительность и почвенный покров. Иллюстративный материал (рис. 12 и 13, показывающие расположение измерительного оборудования в типичных ландшафтах болота «Мухрино») хорошо дополняет текстовую часть главы.

Третья глава носит название «Обсуждение результатов исследований». После третьей главы автор резюмирует положения диссертации в Выводах. Наконец, венчает диссертацию Список литературы.

### **Используемые сокращения**

ЗаС – Западная Сибирь;  
УП – удельный поток.

## ЗАМЕЧАНИЯ ПО КРИТИКЕ ДИССЕРТАНТОМ МИКРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

1) На с. 20 в предпоследнем абзаце Н.А. Шнырев, пытаясь ввести понятие потока, пишет: «По определению поток (плотность потока, удельный поток)<sup>1</sup> есть масса газа ( $m$ ), прошедшая через площадь поперечного сечения ( $S$ ) за единицу времени ( $t$ ), а согласно феноменологической теории массопереноса эта величина ( $q$ ) пропорциональна с обратным знаком градиенту ( $grad$ ) какого-либо интенсивного свойства (концентрации, давления, температуры), выступающего в качестве движущей силы массопереноса газа:

$$q = m/(S \cdot t) = -K \cdot grad(C), \quad (1)$$

где  $C$  – интенсивное свойство,  $K$  – коэффициент пропорциональности, имеющий физический смысл проводимости среды (эффективный коэффициент молекулярной диффузии, турбулентной диффузии, воздухопроницаемость, термодиффузивность и т.д.)»

Как видим, ссылки на какой-либо авторитетный источник, где было бы дано это «определение» не приводится. В приведенном определении такая конструкция: «...поток (плотность потока, удельный поток) есть...» подразумевает синонимичность понятий «поток», «плотность потока» и «удельный поток». Однако эти понятия придуманы не Н.А. Шныревым – они вводятся в физику, и в отечественной физической литературе понятия эти разделяются. К сожалению, авторы многих экологических публикаций, подобно Н.А. Шныреву, неправильно используют эту физическую терминологию. Правильные определения указанных понятий можно найти в каком-либо курсе теории явлений переноса, например, в [Филиппов, 1986, с. 6]: «*Потоком массы* называют массу, переносимую в единицу времени сквозь заданную поверхность..., для характеристики потока через отдельные элементы поверхности вводится понятие об *удельном потоке* (поверхностной плотности потока) как о потоке через единицу поверхности». Таким образом, становится очевидным, что Н.А. Шнырев говорит об удельном потоке (в физическом смысле). Именно эта величина выражается в единицах, представляющих собой отношение единиц массы к единицам площади и времени, например, в мг/(м<sup>2</sup>·час). Как справедливо указывал Л.П. Филиппов [1986, с. 6]: «В соответствии с определением... поток получается интегрированием удельного по поверхности», в результате чего, единицы площади сократятся и размерность потока представляет собой просто отношение единиц массы к единицам времени.

2) Предложенная в диссертации (в конце с. 20 и в начале с. 21) классификация методов измерения потоков («...методы количественного изучения газообмена почв и атмосферы можно условно подразделить на две большие группы – потоковые, в которых непосредственно оценивается масса газа на единице площади поверхности раздела “почва-атмосфера” за определенный промежуток времени и градиентные, в которых потоки рассчитываются, согласно (1) по измеряемым градиентам и проводимостям») крайне неудачна.

Во-первых, не совсем понятна цель, с которой сформулирована данная классификация. И в отечественной [Минаева и др., 2003; Глаголев, Суворов, 2007; Глаголев, 2010; Бурба и др., 2016, с. 182-189], и в зарубежной литературе [Baldocchi et al., 1988; Smith et al., 1994; Chan et al., 1998] используются довольно близкие, по существу, классификации методов измерения удельных потоков (самым общим является деление на камерные и микрометеорологические). Не ясно, чем обусловлено их игнорирование и создание новой классификации.

Во-вторых, не понятно, что значит «масса за промежуток времени»? Она меняется? Видимо, да (потому что с оценкой постоянной массы никаких проблем не возникало бы – промежуток времени тогда вообще не упоминался бы). А если она меняется, то что тогда оценивается? Ее изменение? Но почему бы так и не сказать: оценивается *изменение* массы за промежуток времени? Или, может быть, оценивается что-то другое? Например, средняя масса в течение промежутка времени... Кстати, понятно, что оценить «массу газа *на* единице площади» невозможно, ибо она распределена не по двумерной площади, а в трехмерном объеме *над* этой площадью. Но тогда в слое атмосферы какой высоты надо определять эту массу?

В-третьих, (и это главное, это – ключевая проблема классификации Н.А. Шнырева!) в данной классификации не оказывается места для ряда важнейших современных методов. Действительно, к какому классу отнести, например, метод «*eddy covariance*»? Н.А. Шнырев по непонятной причине

<sup>1</sup> На с. 72 диссертации (в самом конце и на рис. 15) появляется еще и «удельная плотность потока».

относит его к градиентным методам, поскольку описывает в разд. «1.2.3.2. Градиентные атмосферные (микрометеорологические) методы». Но вот – приводимая им формула метода (с. 49, формула №21):  $q = \hat{E}[U] \cdot \hat{E}[C] + \hat{E}[U' \cdot C']$ , где  $\hat{E}[\ ]$  – оператор усреднения по времени;  $U$  (м/с) – вертикальная скорость ветра;  $C$  (г/м<sup>3</sup>) – объемная концентрация газа в воздухе;  $U'$  (м/с) и  $C'$  (г/м<sup>3</sup>) – флуктуации скорости ветра и концентраций газа, соответственно. А теперь вспомним данное диссертантом определение градиентных методов: «потоки рассчитываются, согласно (1) по измеряемым градиентам и проводимостям». Ну, и где же градиенты в формуле метода «eddy covariance»? И что здесь является проводимостями? Да и разве похожа данная формула на (1)? Ни градиентов, ни проводимостей в приводимой автором формуле метода «eddy covariance» нет!

Кроме того, обратим внимание на то, что согласно требованию определения, измеряться должны именно градиенты и проводимости. А что же измеряется в методе микровихревых пульсаций на самом деле? Правильный ответ в предпоследнем абзаце на с. 49 дает сам Н.А. Шнырев (и тем самым ставит окончательный крест на своем горе-определении): «...для определения газовых потоков методом “eddy covariance” необходимо... синхронно измерять вертикальную скорость ветра ( $U$ ) и концентрацию интересующего газа ( $C$ ) на одной и той же высоте». Итак, мало того, что измеряются скорость ветра и концентрация газа, а не «градиенты и проводимости», но и расчет потока ведется не по (1), следовательно, метод «eddy covariance» не является «градиентным»! Но не является он и «поточным», поскольку, как мы помним, согласно определению «поточных методов», в них «непосредственно оценивается масса газа на единице площади поверхности раздела “почва-атмосфера” за определенный промежуток времени», а при измерениях методом «eddy correlation» масса газа не оценивается, да и измерения могут вестись где угодно внутри приземного слоя атмосферы [Foken, Nappo, 2006, p. 105-107; Aubinet et al., 2012, p. 2], а не на поверхности раздела “почва-атмосфера” (более того, у этой поверхности – на расстоянии до нескольких десятков сантиметров – данный метод, как раз-таки, работает плохо [Businger, 1986]).

3) Введённое на с. 45 диссертации понятие «зоны охвата»<sup>2</sup> как «площади, охватываемой вышкой» кажется довольно грубым. Автор не даёт ссылок на источник этого определения. Согласно общепринятой терминологии, футпринт – это передаточная функция между измеряемым вышкой в данной точке удельным потоком и процессами газообмена, происходящими на границе почва-атмосфера [Schmidt, 2002], а также область пространства, относительный вклад каждого из элементов которой этой передаточной функцией определяется [Foken, Nappo, 2008, p. 82-83; Aubinet et al., 2012, p. 211-214]. Поскольку в мировой литературе проблема футпринта довольно хорошо проработана (см., например, [Foken, Nappo, 2008, p. 84-87; Aubinet et al., 2012, p. 211-262] и ссылки там), то непонятно, почему диссертант ссылается в этом вопросе лишь на, по сути дела, неопубликованное учебное пособие Глаголева и Филиппова<sup>3</sup>. Вычисление футпринта имеет серьёзное физическое обоснование и математический фундамент, а вовсе не только эмпирические правила, упоминаемые автором. Кроме того, футпринт градиентного метода отличается от футпринта метода микровихревых пульсаций и вообще не имеет однозначного определения ввиду того, что на величину концентрации примеси на разных высотах оказывают влияние различные по площади источники [Foken, Nappo, 2008, p. 133-134].

4) На с. 15 в последнем абзаце читаем: «Казалось бы, микрометеорологические методы должны давать более высокие значения потоков по сравнению с камерными, поскольку наряду с фоновой эмиссией они учитывают и локальные (преимущественные) потоки, характерные, например,

<sup>2</sup> В отечественной литературе помимо прямой кальки («футпринт») английского слова «footprint» также используются понятие «область влияния».

<sup>3</sup> Югорский государственный университет предполагал выпустить учебное пособие «Измерение потоков парниковых газов в болотных экосистемах», но ограничился выпуском лишь двух его экземпляров – макетов крайне низкого качества, которые были переданы авторам на доработку. Пособие это пока не проходило рецензирования и может рассматриваться лишь в качестве подготовленной авторами рукописи. Тот факт, что пособие это не было опубликовано в установленном в РФ порядке ни в 2011 г., ни вообще до сих пор, неоднократно сообщался М.В. Глаголевым научному руководителю диссертанта (в личной переписке) за много месяцев до ее защиты – тогда, когда диссертация только еще писалась. Впрочем, наиболее важен не сам по себе факт того, что вышеназванное пособие формально не существует, а то, что ни Глаголев, ни Филиппов не являются специалистами в области футпринта. Следовательно, в этом вопросе использовать их рукопись до получения рецензий на нее от специалистов (а ведь она, повторим, не проходила рецензирования), по меньшей мере, опрометчиво.

для гидроморфных экосистем. Однако в литературе есть сведения, что эти методы могут и занижать оценку газовых потоков на 20-30% и более по сравнению с непосредственным измерением проточными или статическими камерами...».

Во-первых, что значит «фоновая эмиссия»? Камера измеряет удельный поток с небольшой площади основания камеры (обычно  $\sim 10^{-2} \div 10^{-1} \text{ м}^2$ , максимум – до  $\sim 1 \text{ м}^2$ ). На одном участочке размера  $10^{-2} \text{ м}^2$  может оказаться кочка и УП будет маленький, а на другом – мочажина, следовательно, там УП будет большой. Камера может оказаться и на том месте, и на другом. И какой из этих УП (а ведь они могут различаться в разы и даже в десятки – если не в сотни – раз) является «фоновой эмиссией»? Рядом с камерой удельный поток может быть и больше, но может быть и меньше. Микрометеорологические методы измеряют поток с площади  $\sim 10^3 \div 10^5 \text{ м}^2$ . На этой площади могут оказаться как локальные выходы газа (где удельный поток выше, чем на том участке, на котором волею случая оказалась камера), так и участки с существенно меньшим удельным потоком. Таким образом, то, *больше или меньше даст в конкретной ситуации микрометеорологический метод (по сравнению с камерным) будет определяться местом расположения камеры и соотношением (внутри футпринта) площадей участков с большими и с малыми удельными потоками, а также соотношением самих этих больших и малых величин потоков*. Во-вторых, следует помнить, что футпринт описывается нелинейной функцией придающей малые веса источникам, находящимся вдалеке от измерительной вышки (эта функция, к тому же, меняется в разных метеорологических условиях и футпринт может то сокращаться, то расти). Таким образом, если локальный выход газа находится, например, в нескольких сотнях метров от вышки, то его вклад в изменение поля концентраций у вышки будет очень мал и вообще может теряться на фоне гораздо более слабых источников, но находящихся в нескольких десятках метров от вышки.

5) На с. 47 в диссертации приводится формула №19 для расчета коэффициента турбулентной диффузии в условиях нейтральной стратификации. Про один из параметров, входящих в данную формулу, сказано: « $z_0$  – табличный параметр шероховатости подстилающей поверхности».

**Параметр  $z_0$  не обязательно является табличным.** Более того, для различных поверхностей одного и того же типа он может различаться в несколько раз, а то и на порядок, в связи с чем в таблицах (см., например, [Константинов, 1968, с. 105; Калиткин и др., 2005, с. 20; Глаголев, Суворов, 2007, с. 122-123; Глаголев и др., 2010, с. 62-64] и ссылки там) приводятся, подчас, весьма широкие пределы  $z_0$  для поверхностей каждого типа. Поэтому, если есть возможность, то лучше этот параметр в каждом конкретном случае определять экспериментально, а не брать весьма неточное (иногда – в пределах двух порядков, как это имеет место для типа поверхности «снег» в [Калиткин и др., 2005, с. 20]) значение из таблиц. Экспериментальное определение данного параметра не представляет особых сложностей – для этого надо иметь лишь данные об изменении скорости ветра с высотой.

Кстати, наличие такого профиля скорости ветра весьма полезно и в связи с тем, что он покажет – выполняются ли необходимые условия для применения формулы №19, ведь данная формула применима только в условиях нейтральной стратификации. Диссертант, к сожалению, в явном виде не указывает, а это важно, поскольку если кто-то познакомится с ней лишь по работе Н.А. Шнырева и захочет использовать в других условиях, то результат будет плачевным. Если у формулы существует область применимости (особенно, если такая узкая, как в данном случае!), то это следует четко оговаривать.

6) На с. 53-54 диссертации автором предпринята попытка критики метода микровихревых пульсаций на основе сравнения расчётов, учитывающих и не учитывающих вертикальную составляющую скорости ветра. Относительно этой критики возникает несколько замечаний.

Во-первых, представляется не совсем корректным проводить такие расчёты на придуманных из головы данных. Ведь процессы в природе подчиняются определенным законам и такие придуманные данные могут противоречить каким-то из них, а потому в принципе никогда не реализуются. В свободном доступе находится масса реальных исходных данных<sup>4</sup> – почему бы не использовать для обоснованной критики именно их?

В частности, в примере Н.А. Шнырева сравниваются два умозрительных эксперимента – с вертикальным ветром и без него, в результате чего делается вывод, что рассмотренная выше (в замечании 3) формула  $q = \hat{E}[U] \cdot \hat{E}[C] + \hat{E}[U' \cdot C']$  даст различные результаты, поскольку в первом случае

<sup>4</sup> См., например, AmeriFlux Site and Data Exploration System (<http://ameriflux.ornl.gov/>).

окажется, что  $\hat{E}[U] \neq 0$ , а во втором –  $\hat{E}[U] = 0$ . Но в реальности, раз метеорологические условия так изменились, что появилась вертикальная составляющая скорости ветра, то в этих новых условиях могут измениться и пульсации концентраций, следовательно, численное значение  $\hat{E}[U \cdot C]$  в случае, когда  $\hat{E}[U] \neq 0$ , будет отличаться от того случая, когда было  $\hat{E}[U] = 0$ . Как результат, вычисленный УП метана может и не измениться.

Вообще говоря, наличие вертикального ветра не является фундаментальной проблемой метода микровихревых пульсаций, поскольку уже около 30 лет назад были разработаны алгоритмы двойного вращения координатных осей, обнуляющего средний вертикальный ветер [McMillen, 1988; Kaimal, Finnigan, 1994, p. 157-163; Aubinet et al., 2012, p. 73-79]. Также существует так называемый «planar fit» алгоритм (впервые опубликованный в [Wilczak et al., 2001]), который предназначен для учёта ситуаций, когда вертикальный ветер реален и значим (например, в горной местности). В рамках этого метода по большим объёмам данных о скорости ветра в трёх направлениях для каждого из секторов румба вычисляется собственная реальная система координат, в которой и происходит расчёт потока за каждый отрезок времени.

Наконец, совершенно очевидно, что если появилась вертикальная составляющая скорости ветра (фактически, в этом случае мы имеем дело с восходящим или нисходящим потоком воздуха в данной точке), то чтобы атмосфера не улетела ввысь или не прижалась бы к земле, необходим какой-то латеральный перенос воздуха, «подпитывающий» вертикальный поток. Но при такой радикальной перестройке движения воздушных масс изменится и футпринт – теперь, когда  $\hat{E}[U] \neq 0$ , воздух проходит уже над другой «областью влияния», чем когда было  $\hat{E}[U] = 0$ . А раз так, то вполне может оказаться, что измеряемый на вышке поток (с этого иного футпринта) будет другим – но ведь он и должен быть другим!

В связи с этим, **вывод автора о том, что** «Такое сильное варьирование результатов в зависимости от способов технической реализации метода (отбора проб) и обработки результатов порождает неопределенность оценки не меньшую, чем в случае непосредственных замеров потоков камерными методами и ставит под сомнение тезис о якобы более точной (адекватной) оценке газовых потоков и углеродного баланса территории указанными дорогостоящими способами» **кажется просто следствием его порочной методологии** (придумывание данных вместо анализа результатов реальных измерений) **и вообще недостаточной проработки им данной темы**. И в отечественной [Минаева и др., 2003; Tchebakova et al., 2015; Бурба и др., 2016, с. 6], и в зарубежной литературе [Baldocchi, 2003; 2014; Lee et al., 2006, p. 7; Aubinet et al., 2012, p. 400-401] на протяжении последних лет существует консенсус относительно высокого качества оценок метода микровихревых пульсаций, хотя и отмечаются проблемы, связанные с измерением потоков ночью, крупномасштабными вихрями и незамкнутостью теплового баланса [Finnigan, 2008; Aubinet et al., 2010]. Для доказательства вышеупомянутого вывода диссертанту необходимо было провести оценку того, насколько точно измеряемые камерным методом величины УП метана позволяют оценивать эмиссию метана из экосистем на масштабе, на котором работает метод микровихревых пульсаций и показать, что эта оценка точнее, чем даваемая методом микровихревых пульсаций. Подобных оценок или ссылок на них диссертантом не приводится. Потому не вполне понятно, на основании чего сделан такой вывод и почему он помещён в литературном обзоре.

## ДРУГИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

7) В разд. «Апробация работы, гранты и публикации» (с. 6) Н.А. Шнырев заявляет: «Основные положения и результаты исследования были доложены или представлены в виде стендовых сообщений на 8 конференциях и симпозиумах всероссийского и международного уровней, включая... «Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее» (Ханты-Мансийск, 2007), Работа прошла апробацию на кафедре физики и мелиорации почв ф-та почвоведения МГУ».

Очевидно, что основные положения и результаты диссертационного исследования, выполненного в 2010-2014 гг. (как указывает сам Н.А. Шнырев на с. 62 диссертации), не могли быть доложены в 2007 г.

8) На с. 82 читаем: «Калибровка хроматографа производилась по газовым стандартам на воздушном балансе с концентрациями метана 1.80; 2.30; 9.79 ppm (лаборатория “NIES”, Япония)<sup>5</sup>, калибровка выполнялась в начале и конце измерений».

При описании газовых стандартов в разделе «Материалы исследований» принято указывать их погрешность. Н.А. Шнырев ее не указывает, поэтому в дальнейшем невозможно определить составляющую погрешности УП, вызванную погрешностью газовых стандартов.

9) Аналогично, *при описании* многочисленных *датчиков режимных наблюдений* (с. 84) *ни для одного из них не приводятся характеристики погрешности, равно как и диапазоны измерений* – тоже весьма важные количественные характеристики. Вероятно, излишне говорить, что *теоретически достижимая точность измерения УП камерным и другими использованными методами диссертантом также не сообщается.*

10) Хотя в разд. «2.2. Методы исследования» диссертации заявляется (на сс. 70-71), что «...варианты камерно-статического метода изучения газовых потоков включали стационарные и съемные (“мобильные”) ручные камеры, а также автоматические камеры с устройствами для периодической изоляции от атмосферы на момент измерений и отбора проб в шприцы» уже на сс. 73-74 выясняется, что «Отбор проб в шприцы с последующим анализом в лабораторных условиях концентраций метана связан в первую очередь с низким содержанием этого газа... В условиях, где ожидалось высокие значения эмиссии метана, анализ проб планировалось проводить *in situ*..., используя фотоакустический газоанализатор INNOVA 1312 (LumaSense Technologies, США). К сожалению, добиться от прибора заявленных производителем точности не удалось и от автоматического анализа проб пришлось отказаться».

Отсюда становится очевидным, что система не была полностью автоматической, она, в лучшем случае, относится к классу полуавтоматических камер, поскольку лишь отбирает пробы, но не анализирует их. Впрочем, из диссертации не понятно: использовалась ли она хотя бы в таком – полуавтоматическом – режиме. Вообще, довольно подозрительно то, что приведены лишь *схемы* автоматической камеры, якобы построенной Н.А. Шныревым («техническая схема» – на рис. 16, «схема подключения газоанализатора INNOVA 1312 к автоматической камере» – на рис. 17, «принципиальная электронная схема управления камерой» – на рис. 19), но нет фотографий, демонстрирующих процесс работы камеры хотя бы в полуавтоматическом режиме. Единственные фотографии, которые могли бы к этому относиться, представлены на рис. 20 («Итоговый вид камеры на различных этапах закрывания-открывания»). Однако эти фотографии, в соответствии с названием рисунка, демонстрируют, похоже, только процесс открывания-закрывания, но мы не видим на них важнейшего устройства для автоматического отбора проб в шприцы. Авторы, работая в той же организации (ЮГУ), где Н.А. Шнырев выполнял практическую часть своего диссертационного исследования, никогда не видели его «автоматические» камеры хотя бы в полуавтоматической работе, и не встречали там никого, кто бы видел этот интимный процесс, а в последние годы камеры представляют из себя открытый металллом.

11) Однако, раз диссертант заявил (на с. 73), что «Одной из технических методически важных для современного мониторинга задач исследования была разработка автоматических камер для изучения потоков на границе почвы и атмосферы», он просто обязан был в литературном обзоре достаточно подробно отразить опыт предшественников именно в этом направлении. Справедливости ради отметим, что в диссертации на рис. 6 приводятся схемы комплексов<sup>6</sup>, осуществляющих автоматически и отбор проб, и измерение концентраций газа в них. Но, во-первых, не указаны разработчики этих комплексов и, во-вторых, рисунок приводится по несуществующему (неизданному) учебному пособию. Безусловно, серьезный подход к написанию литературного обзора

<sup>5</sup> Поскольку “NIES” закавычено, то можно подумать, что это – *название* лаборатории, предоставившей стандарты диссертанту. Однако на самом деле это – аббревиатура института (National Institute for Environmental Studies). А вот уже в составе этого института действительно существует лаборатория, изготавливающая газовые стандарты.

<sup>6</sup> Н.А. Шнырев ошибочно назвал этот рисунок «Схемы автоматических камер...», хотя подробных схем собственно камер на рисунке нет, а есть именно схемы автоматических измерительных комплексов, включающих в себя камеры, как одну из составных частей, обозначенную просто как «Камера» (впрочем, для камеры в составе одного комплекса указана только одна составляющая – «механизм открытия крышки», зато для другой камеры – в другом комплексе – аж четыре составляющих: «оргстекло», «вентилятор», «стальное основание» и «крышка»; видимо, степень полноты последнего описания уже может рассматриваться близкой к тому, что понимается под «схемой камеры»).

подразумевает работу с оригинальными публикациями, а не с неотрецензированными рукописями кратких учебных пособий. Особенно обидно то, что, во-первых, даже в этой рукописи, в отличие от диссертации Н.А. Шнырева, рисунки<sup>7</sup> были названы правильно – схема автоматической не «камеры», а «системы», и во-вторых (главное!), были даны ссылки на оригинальные публикации создателей этих систем. Из-за отсутствия оригинальных ссылок при прочтении диссертации Н.А. Шнырева может сложиться впечатление, что он чуть ли не первый и единственный, кто пытался (правда, как мы уже обнаружили выше – безуспешно) создать и запустить в Сибири автоматический комплекс для измерения газовых потоков на границе «болото/атмосфера». А на самом деле тот комплекс, который у него изображен в правой части рис. 6, уже в 1997 г. работал именно в ЗаС (и это было указано в подписи к рис. 13 в рукописи пособия, на которую диссертант ссылается). Собственно говоря, ***из-за того, что деятельность предшественников*** (в области создания автоматических комплексов мониторинга газовых потоков и параметров внешней среды на границе почвы и атмосферы) ***в диссертации практически не рассмотрена, поставленная Н.А. Шныревым задача «разработки автоматических камер» для такого мониторинга кажется актуальной, хотя таковой не является. Зачем надо опять разрабатывать их, если они уже успешно работают в течение последних почти 20 лет, причем работают именно в ЗаС?***

12) Диссертант в подписи к рисунку автоматической системы, работавшей в Сибири (у него это – правая часть рис. 6), «забыл» упомянуть именно об этом – о Сибири (повторим, такое упоминание в рукописи Глаголева и Филиппова было!). Но теперь, когда в диссертации оно исчезло, Н.А. Шнырев смог заявить (см. с. 3-4 диссертации): «В настоящее время в отечественной агрофизике не используются методы для мониторинга газовых потоков и контролирующих гидротермических факторов, изменяющихся во времени с высокой скоростью...». А ведь они используются уже почти 20 лет в России – в ЗаС на Бакчарском болоте (и диссертант это прекрасно знает<sup>8</sup>, поскольку неоднократно выезжал в экспедиции на Бакчарское болото, где работал буквально в нескольких метрах от автоматизированного камерного комплекса «FLUX-NIES»)! Таким образом, автор диссертации осознанно водит читателя в заблуждение. Для того чтобы восстановить справедливость, приведем ссылки хотя бы на некоторые публикации по использованию в отечественной науке «подобных разработок для камерного метода» за последние два десятилетия: [Nakano et al., 1998; Sorokin et al., 1998; Maksyutov et al., 1999; Краснов и др., 2010; 2013; 2015].

13) Из отрицания (или, по крайней мере, игнорирования) Н.А. Шныревым использования в отечественной науке автоматизированного мониторинга газовых потоков, логично следует еще одна его ошибка. Так на с. 71 в последнем абзаце читаем «Большая часть исследований в нашей стране, в Западной Сибири в частности, была выполнена методом ручных «мобильных» (съемных) статических камер».

Было бы логично под «большой частью исследований» подразумевать большую часть измерений УП метана в качестве конкретного критерия. Разумеется, никаких количественных данных в пользу этого утверждения диссертант не приводит. Ну, что же, сделаем эту несложную работу за него – оценим количество измерений УП, выполненных хотя бы в ЗаС иными методами (причем сделаем оценку «по минимуму» - будем учитывать, главным образом, работы сотрудников Института оптики атмосферы СО РАН, и только по проектам в рамках российско-японского научного сотрудничества). В разные годы комплекс «FLUX-NIES» начинал и заканчивал работу раньше или позже, но для ориентировочных расчетов можно принять, что данный комплекс работал в мае, июне, июле, августе, сентябре и октябре, т.е. 153 дня/год. В первые годы испытывались автоматические камеры различных конструкций, но тот комплекс, который известен в настоящее время под названием «FLUX-NIES», работает на Бакчарском болоте, начиная с 1998 г., т.е. в течение 18 сезонов. Сначала функционировало два совершенно аналогичных комплекса, в сумме включавших в себя 12

<sup>7</sup> В рукописи пособия Глаголева и Филиппова это – рис. 12 и 13.

<sup>8</sup> Более того, на Всероссийской конференции «Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации» (20-22 декабря 2005 г., Москва, Московский Государственный Университет, факультет почвоведения) был заявлен его (в соавторстве с М.В. Глаголевым) доклад «Математическая модель автоматической системы измерения эмиссии метана», в котором рассматривались вопросы обработки данных, поставляемых именно автоматической системой измерения УП, работавшей на Бакчарском болоте.



камер, но последние примерно 9 лет работает только один комплекс из 5 камер<sup>9</sup>. Таким образом, можно считать, что в течение всех 18 сезонов работали  $(5+12)/2 = 8.5$  камеры. Каждая из них за сутки выдавала 12 измерений УП  $\text{CH}_4$  и столько же – для  $\text{CO}_2$ . Таким образом, имеем для общего числа УП, измеренных в ЗаС автоматическими комплексами «FLUX-NIES»:  $18 \cdot 153 \cdot 8.5 \cdot 2 \cdot 12 \approx 5.6 \cdot 10^5$ . Полмиллиона!!!

Кроме того, в ЗаС велись измерения микрометеорологическими методами (главным образом, градиентным методом) и методом обратного моделирования. При этом отбор проб осуществлялся как на вышках (высотой от нескольких метров до 40-80 м), так и с борта самолета-лаборатории [Postnov et al., 1994; Tohjima et al., 1995; Berchet et al., 2014]<sup>10</sup>. Количество этих измерений оценить сложнее. Количество вышек примерно соответствовало среднему количеству камер в комплексах «FLUX-NIES», принятому нами в вышеприведенном расчете, хотя, справедливости ради, следует отметить, что в разные годы работало разное количество вышек. Кроме того – что считать потоком, измеренным на вышке? Если говорить о градиентном методе, то каждое индивидуальное измерение может быть отягощено (в зависимости от метеорологических условий) довольно существенной погрешностью. Поэтому индивидуальные измерения обычно не используются сами по себе, а усредняются за какой-то срок, зависящий от целей и задач исследования. Если принять в качестве такого срока осреднения 1 сутки, то общее количество измерений составит, грубо говоря, на порядок меньше, чем полученное с помощью автоматических камер «FLUX-NIES». А в сумме с автоматическими камерами будем иметь примерно  $6 \cdot 10^5$  измерений УП.

Для сравнения: на с. 110 в последнем абзаце Н.А. Шнырев подводит итог своим измерениям: «Всего за двухлетний период измерений было сделано 1276 определений потоков – 261 в рядах, 285 на грядах, 514 на мочажинах и 216 на топи». Нашей группой также было выполнено порядка нескольких тысяч измерений (в основном, в ЗаС – см., например, [Глаголев, Суворов, 2007; Глаголев, Клепцова, 2009; Sabrekov et al., 2011; 2014]). Если к этому прибавить измерения методом «ручных... (съёмных) статических камер», выполненных в ЗаС другими научными группами, а также ранее (до диссертационного исследования) самим Николаем Андреевичем [Паников и др., 1993; Глаголев, Шнырев, 2007; Казанцев, 2013; Инишева и др., 2014], и плюс к этому – по всей стране всеми научными группами (в частности, [Слободкин и др., 1992; Паников и др., 1992; Гарькуша и др., 2011; Фёдоров и др., 2015]), то, скорее всего их суммарное количество не будет сильно превышать  $10^4$ , т.е. существенно меньше 1% от количества измерений, выполненных автоматическими камерами и микрометеорологическими методами. Можно ли назвать это пусть и не большей, но хотя бы большей частью?

14) На с. 112 в предпоследнем абзаце читаем: «Минимальные значения потоков для топи, мочажин, гряд и рямов за двухлетний период составили -3.79, -0.08, -1.61 и -0.34  $\text{мгС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$  соответственно...».

Такие большие величины УП метана, как -3.79 и -1.61  $\text{мгС} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$  вряд ли возможны и обычно являются артефактом. Поскольку при небольших концентрациях метана этот субстрат потребляется метанотрофами по кинетике 1-го порядка, то и обработку экспериментальных данных надо вести с учетом этого, а не по кинетике 0-го порядка (предполагающей постоянную скорость потребления  $\text{CH}_4$ ) [Sabrekov et al., 2016]. Напомним: в методическом разделе диссертации Н.А. Шнырев указал, что данные по потреблению метана он обрабатывал точно так же, как и данные по его выделению – по кинетике 0-го порядка. Алгоритм того, как следует обрабатывать экспериментальные данные по потреблению метана, приведен, в частности, в учебном пособии [Глаголев и др., 2010, с. 31-37]. Там же, кстати говоря, проводится и анализ того, к какому огромному завышению может приводить использование расчета, предполагающего постоянную скорость потребления  $\text{CH}_4$ . Например, показано, что, если такой расчет давал  $< -6.5 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$  (для одного

<sup>9</sup> После этого длительного перерыва, в 2016 г. возобновил работу и второй комплекс автоматических камер.

<sup>10</sup> Пусть читателя не смущают иностранные фамилии первых авторов некоторых публикаций. Нетрудно убедиться, что в составе авторского коллектива каждой приведенной здесь работы присутствуют отечественные исследователи. Кроме того, просим обратить внимание, что мы дали ссылки лишь на публикации о УП метана. Литература, посвященная измерениям в РФ УП  $\text{CO}_2$  на вышках и с самолета, гораздо более многочисленна.

конкретного набора данных)<sup>11</sup>, то расчет по кинетике 1-го порядка дает  $-0.21 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$ , при том, что истинное значение скорости потребления составляло в этом случае  $-0.17 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$ .

Кстати, заметим, что если в зимний период встречались большие отрицательные потоки, то диссертант их отбрасывал (см. предпоследний абзац на с. 122). Почему же он не делал этого в летний период?

## ЛИТЕРАТУРА

- Бурба Г.Г., Курбатова Ю.А., Куричева О.А., Авилов В.К., Мамкин В.В. 2016. Метод турбулентных пульсаций. Краткое практическое руководство. Москва: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН.
- Гарькуша Д.Н., Фёдоров Ю.А., Тамбиева Н.С. 2011. Эмиссия метана из почв Ростовской области // Аридные экосистемы. Т. 17. № 4 (49). С. 44-52.
- Глаголев М.В. 2010. К методу «обратной задачи» для определения поверхностной плотности потока газа из почвы // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 1. № 1. С. 17-36.
- Глаголев М.В., Клепцова И.Е. 2009. Эмиссия метана в лесотундре: к созданию «стандартной модели» (Аа2) для Западной Сибири // Вестник Томского государственного педагогического университета. № 3. С. 77-81.
- Глаголев М.В., Сабреков А.Ф. 2014. Ответ А.В. Смагину: II. Углеродный баланс России // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 5. № 2. С. 50-70.
- 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., 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.
- Глаголев М.В., Шнырев Н.А. 2007. Динамика летне-осенней эмиссии  $\text{CH}_4$  естественными болотами (на примере юга Томской области) // Вестник МГУ. Серия 17: Почвоведение. №1. С. 8-14.
- Евдокимов И.В., Ларионова А.А. 2015. Соображения к дискуссии, предложенной А.В. Смагиным // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 6. № 1. С. 36-38.
- Инишева Л.И., Головченко А.В., Сергеева М.А., Шайдак Л. 2014. Динамика газового режима в эвтрофном болоте // Труды Инсторфа. № 9(62). С. 3-10.
- Казанцев В.С. 2013. Эмиссия метана из болотных экосистем северной части Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук. М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ).
- Калиткин Н.Н., Карпенко Н.В., Михайлов А.П., Тишкин В.Ф., Черненко М.В. 2005. Математические модели природы и общества. М.: Физматлит. 360 с.
- Константинов А.Р. 1968. Испарение в природе. Л.: Гидрометеоздат.
- Краснов О.А., Надеев А.И., Шелевой В.Д., Maksyutov S., Inoue G. 2010. Мониторинг потоков природного метана и диоксида углерода в атмосферу из Васюганских болот (Томская область) // Контроль окружающей среды и климата «КОСК-2010»: VII Всероссийский симпозиум с привлечением иностранных ученых (Томск, 5-7 июля 2010 г.) / Мат-лы симпозиум под ред. М.В. Кабанова, А.А. Тихомирова. Томск: Аграф-Пресс. С. 112-113.
- Краснов О.А., Maksyutov S., Глаголев М.В., Катаев М.Ю., Inoue G., Надеев А.И., Шелевой В.Д. 2013. Автоматизированный комплекс «FLUX-NIES» для измерения потоков метана и диоксида углерода // Оптика атмосферы и океана. Т. 26. № 12. С. 1090-1097.
- Краснов О.А., Maksyutov S., Давыдов Д.К., Фофанов А.В., Глаголев М.В., Inoue G. 2015. Мониторинг эмиссии метана и двуоксида углерода из почвы в атмосферу и параметры почвы. Бакчарское болото Томской области (2014 г.) // Оптика атмосферы и океана. Т. 28. № 7. С. 644-654.
- Курганова И.Н., Кудеяров В.Н. 2015. Возможен ли значительный положительный дисбаланс круговорота углерода (сток) на территории России? // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 6. № 1. С. 32-35.
- Минаева Т.Ю., Курбатова Ю.А., Татаринов Ф.А., Русанович Н.Р. 2003. Сезонная динамика растительности как фактор формирования газообмена  $\text{CO}_2$  между поверхностью и атмосферой на верховом болоте // Вторая Международная конференция «Эмиссия и сток парниковых газов на территории северной Евразии», 16-20 июня 2003: Тезисы докладов. Пущино. С. 80-81.
- Низовцев В.В. 2000. Время и место физики XX века. М.: Эдиториал УРСС. 208 с.
- Паников Н.С., Семенов А.М., Тарасов А.Л., Беляев А.С., Кравченко И.К., Смагина М.В., Палеева М.В., Зеленев В.В., Скупченко И.В. 1992. Образование и потребление метана в почвах европейской части СССР // Ж. Эколог. химии. №1. С. 9-26.
- Паников Н.С., Титлянова А.А., Палеева М.В., Семенов А.М., Миронычева-Токарева Н.П., Макаров В.И., Дубинин Е.В., Ефремов С.П. 1993. Эмиссия метана из болот юга Западной Сибири // ДАН. Т. 330. №3. С. 388-390.
- Порохина Е.В., Голубина О.А. 2014. Активность оксидоредуктаз в эвтрофных торфяных болотах Западной Сибири и Горного Алтая // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 5. № 1 (9). С. 1-9.
- Слободкин А.И., Паников Н.С., Заварзин Г.А. 1992. Образование и потребление метана микроорганизмами в болотах тундры и средней тайги // Микробиология. Т. 61. № 4. С. 683-691.
- Смагин А.В. 2014. Спорные вопросы количественной оценки газовых потоков между почвой и атмосферой (к дискуссии М.В. Глаголева и А.В. Наумова) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 5. № 2. С. 10-25.
- Фёдоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Шипкова Г.В. 2015. Эмиссия метана торфяными залежами верховых болот Псковской области // География и природные ресурсы. № 1. С. 88-97.
- Филиппов Л.П. 1986. Явления переноса. М.: Изд-во МГУ. 120 с.

<sup>11</sup> Разумеется, результат будет зависеть от конкретного набора данных, а не всегда  $-6.5 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$ , полученные по линейной формуле, будут превращаться в  $-0.2 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$  при расчете по кинетике 1-го порядка.

- Шнырев Н.А. 2016. Режимные наблюдения и оценка газообмена на границе почвы и атмосферы (на примере потоков метана болотного стационара средне-таежной зоны Западной Сибири «Мухрино»): дис. ... канд. биол. наук. М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ). URL: <https://istina.msu.ru/dissertations/18838290/> (дата обращения 22.03.2016).
- Abao E.B., Bronson K.F., Wassmann R., Singh U. 2000. Simultaneous records of methane and nitrous oxide emissions in rice-based cropping systems under rainfed conditions // *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. V. 58. № 1. P. 131-139.
- Aubinet M., Feigenwinter C., Heinesch B., Bernhofer C., Canepa E., Lindroth A., Montagnani L., Rebmann C., Sedlak P., Van Gorsel E. 2010. Direct advection measurements do not help to solve the night-time CO<sub>2</sub> closure problem: evidence from three different forests // *Agricultural and forest meteorology*. V. 150. № 5. P. 655-664.
- Aubinet M., Vesala T., Papale D. (Eds.) 2012. *Eddy covariance: a practical guide to measurement and data analysis*. Springer Science & Business Media. 438 pp.
- Baldocchi D.D. 2003. Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rates of ecosystems: past, present and future // *Global Change Biology*. V. 9. № 4. P. 479-492.
- Baldocchi D. 2014. Measuring fluxes of trace gases and energy between ecosystems and the atmosphere – the state and future of the eddy covariance method // *Global Change Biology*. V. 20. № 12. P. 3600-3609.
- Baldocchi D.D., Hincks B.B., Meyers T.P. 1988. Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods // *Ecology*. V. 69. № 5. P. 1331-1340.
- Berchet A., Pison I., Chevallier F., Paris J.-D., Bousquet P., Bonne J.-L., Arshinov M.Yu., Belan B.D., Cressot C., Davydov D.K., Dlugokencky E.J., Fofonov A.V., Galanin A., Lavric J., Machida T., Parker R., Sasakawa M., Spahni R., Stocker B.D., Winderlich J. 2014. Natural and anthropogenic methane fluxes in Eurasia: a meso-scale quantification by generalized atmospheric inversion // *Biogeosciences Discuss*. V. 11. P. 14587-14637.
- Businger J. 1986. Evaluation of the accuracy with which dry deposition can be measured with current micrometeorological techniques // *Journal of Climate and Applied Meteorology*. V. 25. № 8. P. 1100-1124.
- Chan A.S.K., Prueger J.H., Parkin T.B. 1998. Comparison of closed-chamber and Bowen-ratio methods for determining methane flux from peatland surfaces // *Journal of environmental quality*. V. 27. № 1. P. 232-239.
- Edwards N.T., Riggs J.S. 2003. Automated monitoring of soil respiration: A moving chamber design // *Soil Sci. Soc. Am. J*. V. 67. № 4. P. 1266-1271.
- Finnigan J. 2008. An introduction to flux measurements in difficult conditions // *Ecological Applications*. V. 18 № 6. P. 1340-1350.
- Foken T., Nappo C.J. 2008. *Micrometeorology*. Springer Science & Business Media. 306 pp.
- Kaimal J.C., Finnigan J.J. 1994. *Atmospheric boundary layer flows: their structure and measurement*. Oxford University Press, New York. 289 pp.
- Lee X., Massman W., Law B. (Eds.). 2006. *Handbook of micrometeorology: a guide for surface flux measurement and analysis (Vol. 29)*. Springer Science & Business Media. 250 pp.
- Maksyutov S., Inoue G., Sorokin M., Nakano T., Krasnov O., Kosykh N., Mironycheva-Tokareva N., Vasiliev S. 1999. Methane fluxes from wetland in west Siberia during April-October 1998 // *Proceedings of the Seventh Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1998*. Tsukuba: Isebu. P. 115-124.
- Mastepanov M., Sigsgaard Ch., Dlugokencky E.J., Houweling S., Strom L., Tamstorf M.P., Christensen T.R. 2008. Large tundra methane burst during onset of freezing // *Nature*. V. 456(7222). P. 628-631.
- McMillen R.T. 1988. An eddy correlation technique with extended applicability to non-simple terrain // *Bound. Layer Meteorol*. V. 43. P. 231-245.
- Nakano T., Inoue G., Maksyutov S., Sorokin M. 1998. Automatic Measurements of Methane Flux in West Siberian Wetlands in 1997 Summer // *Proceedings of the Seventh Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1998*. Tsukuba: Isebu. P. 211-215.
- Postnov A., Stulov E., Strunin M., Khattatov V., Tolchinsky Yu., Inoue G., Tohjima Y., Maksyutov S., Machida M. 1994. Vertical Turbulent Transport of Methane in the Atmospheric Boundary Layer over the Central Western Siberia – Airborne Measurements of Greenhouse Gases over Siberia VI // *Proceedings of the International Symposium on Global Cycles of Atmospheric Greenhouse Gases (March 7-10, 1994, Sendai, Japan)*. Sendai. P. 30-33.
- Sabrekov A.F., Glagolev M.V., Alekseychik P.K., Smolentsev B.A., Terentjeva I.E., Krivenok L.A., Maksyutov S.S. 2016. A process-based model of methane consumption by upland soils // *Environmental Research Letters*. V. 11. № 7. P. 75001-75022.
- Sabrekov A.F., Runkle B.R.K., Glagolev M.V., Kleptsova I.E., Maksyutov S.S. 2014. Seasonal variability as a source of uncertainty in the West Siberian regional CH<sub>4</sub> flux upscaling // *Environmental Research Letters*. V. 9. № 4. P. 045008
- Sabrekov A.F., Kleptsova I.E., Glagolev M.V., Maksyutov S.S., Machida T. 2011. Methane emission from middle taiga oligotrophic hollows of Western Siberia // *Вестник Томского государственного педагогического университета*. № 5. С. 135-143.
- Schmid H.P. 2002. Footprint modeling for vegetation atmosphere exchange studies: a review and perspective // *Agricultural and Forest Meteorology*. V. 113. № 1. P. 159-183.
- Smith K.A., Clayton H., Arah J.R.M., Christensen S., Ambus P., Fowler D., Hargreaves K.J., Skiba U., Harris G.W., Wienhold F.G., Klemetsson L., Galle B. 1994. Micrometeorological and chamber methods for measurement of nitrous oxide fluxes between soils and the atmosphere: overview and conclusions // *J. Geophys. Res*. V. 99. P. 16541-16548.
- Sorokin M., Maksyutov S., Inoue G., Nakano T. 1998. Fully Automatic Methane Flux Measurement System by a Static Chamber Method // *Proceedings of the Sixth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1998*. Tsukuba: Isebu. P. 207-210.
- Tchebakova N.M., Vygodskaya N.N., Arneth A., Marchesini L.B., Kurbatova Y.A., Parfenova E.I., Valentini R., Verkhovets S.V., Vaganov E.A., Schulze E.D. 2015. Energy and mass exchange and the productivity of main Siberian ecosystems (from Eddy covariance measurements). 2. carbon exchange and productivity // *Biology Bulletin*. V. 42. № 6. P. 579-588.
- Tohjima Y., Maksyutov S., Machida T., Inoue G. 1995. Airborne measurement of atmospheric CH<sub>4</sub> over the west Siberian lowland during the 1994 Siberian-Terrestrial Ecosystem-Atmosphere-Cryosphere Experiment (STEACE) // *Proceedings of the Third Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1994*. – Sapporo: iWORD. P. 50-57.
- Wilczak J.M., Oncley S.P., Stage S.A. 2001. Sonic anemometer tilt correction algorithms // *Bound. Layer Meteorol*. V. 99. № 1. P. 127-150.

**THESIS OF N.A. SHNYREV:  
I. MICROMETEOROLOGY AND OTHER NOTES**

***Sabrekov A.F., Glagolev M.V.***

*This paper discusses several controversial points from dissertation of Nikolai Andreevich Shnyrev «Regime investigations and estimate of gas exchange on the soil-atmosphere interface (methane fluxes from “Muhрино” wetland, West Siberia». Since methodological questions arised in the thesis are of special importance for greenhouse gas balance estimates from terrestrial ecosystems, correctness of their interpretation is required. In this regard, crucial question discussed in the thesis concerns applicability and accuracy of micrometeorological methods as an alternative to the classical chamber approach.*

*It is shown that N.A. Shnyrev’s criticism of state-of-art eddy covariance technique is neither fundamental nor consistent; it disagrees with worldwide consensus riched by scientific community. The new classification scheme of gas exchange estimates on soil-atmosphere interface proposed by the author is quite pointless and not suitable for classifying some methods such as eddy covariance. Several issues of previous methane emission investigations in West Siberia and peculiarities of different flux measurement methods are also raised. Namely insufficient attention to methane emission studies conducted in West Siberian wetlands by automated chambers is pointed out.*

**Key words:** eddy covariance technique, automatic chambers method, methane emission from mires, West Siberia.

**Citation:** Sabrekov A.F., Glagolev M.V. 2016. Thesis of N.A. Shnyrev: I. Micrometeorology and other notes // Environmental dynamics and global climate change. V. 7. No. 2. P. 26-37.

Поступила в редакцию: 20.06.2016  
Переработанный<sup>12</sup> вариант: 04.07.2016

---

<sup>12</sup> Несмотря на то, что данная статья подана в раздел «Дискуссии», который (по умолчанию) рецензируемым не является, авторы просили Редакцию отправить статью на рецензирование.

**Просьба авторов была удовлетворена и статья прошла рецензирование в обычном порядке. – Ред.**