

УДК 631.4

**ОТВЕТ А.В. СМАГИНУ***Лапина Л.Э.**Отдел математики Коми Научного Центра УрО РАН, г. Сыктывкар*

lapina@dm.komisc.ru

**Цитирование:** Лапина Л.Э. 2015. Ответ А.В. Смагину // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 6. № 1 (11). С. 39-41.

Журнал читаю относительно недавно. Что отличает этот журнал от обычных журналов? Прежде всего раздел Дискуссии и Рецензии, чего в других журналах просто нет. Зададимся вопросом: а для чего ведутся научные исследования? Какова задача науки в целом? Мне кажется, главная задача науки – уметь прогнозировать последствия принимаемых решений. Для этого нужно знать закономерности, происходящие в природе, в экономике. Для того, чтобы узнать закономерности, нужно иметь систему наблюдений и измерений, с которыми в России не очень хорошо, судя по системе станций Гидромета, густота которой прямо пропорционально плотности населения, в связи с чем очень редкая сеть наблюдений в малонаселенных местах, тем более в тундре. Например, на горных реках, типа р. Кубань, приборы должны стоять достаточно густо, так как наводнения там могут достаточно быстро сформироваться. Впрочем, еще и власть должна прислушиваться к мнению ученых, но это другой вопрос. Поэтому наблюдения, которые ведутся по изучению потоков метана и диоксида углерода, важны не только с точки зрения изучения устойчивости экосистем к неблагоприятным внешним воздействиям, но и в других разделах наук, например, для изучения гидрологического цикла вод суши. Когда получены данные, их важно адекватно обработать соответствующими математическими инструментами, при этом полностью отдавая себе отчет, что далеко не всегда можно применять ту или иную формулу. Например, формулу Бернулли можно применять тогда и только тогда, когда вероятность появления события в каждом опыте **ОДИНАКОВА**. К сожалению, массовое внедрение компьютеров и статистических пакетов программ создало иллюзию того, что можно, не зная математики, получать **ДОСТОВЕРНЫЕ** выводы. Но что мы видим в научных журналах? Например, в статье [Головацкая и др., 2008] – простейшую регрессионную модель

$$F = a - b \cdot C_{CO_2} + c \cdot T,$$

где  $C_{CO_2}$  – концентрация в атмосфере,  $T$  – температура воздуха.

В данной формуле нет ни радиации, ни ФАР, ни других характеристик. Был проведен только корреляционный анализ, результаты которого чувствительны к ошибкам данных. Более того, корреляции показывают **ТОЛЬКО** линейные зависимости и равенство нулю коэффициента корреляции еще не значит, что зависимости нет, просто зависимость может быть нелинейной, например, квадратичной. Наверняка, у данной группы исследователей много данных, которые можно обработать более адекватными методами статистического анализа, хотя бы методом главных компонент, который тесно связан с корреляционным анализом и дает больше информации о параметрах, влияющих на изучаемые явления. Если еще в параметры включить и нелинейные слагаемые, такие как произведение концентраций водяного пара и температуры, то ценность получаемых результатов возрастает в разы. В данной же статье приводится и прогноз к 2090 году изменения эмиссии диоксида углерода. Тут как минимум некорректно использовать предложенную формулу для прогнозирования, так как она представляет собой разложение в ряд Тейлора по двум переменным, точность которой стремится к нулю при увеличении периода прогнозирования. К сожалению, таких статей достаточно много. В качестве иллюстрации неправильности применения регрессионных моделей в задачах прогнозирования на длительный интервал времени приведем широко известный прогноз Менделеева о том, что к концу XX века население России составит 600 млн человек.

Поэтому главный редактор взял на себя неблагодарный труд просвещать биологов в части адекватного применения математических методов. Он пытается повысить уровень компетентности исследователей в области применения математических методов. И то, что он обращает внимание на неточность использования некоторых терминов – большая редкость в наше время и крайне важно

хотя бы потому, что экология – наука междисциплинарная и статьи читают не только биологи, но и математики, физики, гидродинамики и т.д. Значит, терминология не должна существенно отличаться от принятой терминологии в других разделах науки. Это важно для понимания специалистами разных областей знания. Поэтому отзыв на автореферат О.А. Михайлова главного редактора [Глаголев, 2013] считаю важным в области просвещения биологов, в обучении которых практически мало математики. Мотивация главного редактора, на мой взгляд, совсем не такая, какая кажется уважаемому Смагину А.В. То, что одному кажется менторским тоном и обидными высказываниями, продиктовано, на мой взгляд, совершенно другими причинами, а именно искренним желанием повысить качество научных статей, особенно обработки данных, что крайне важно для задач прогнозирования. В качестве примера возьмем широко известную притчу о полупустом стакане. Факт один. А разные люди оценивают этот факт совершенно различно.

Выделим существенные черты хорошей научной статьи:

1. Наличие адекватной теоретической базы.
2. Применения к данным измерений адекватных математических методов.

3. Наличие надежных качественных измерений, но не всегда. Так, например, в работе [Лапина, 2001] использование упрощенных уравнений гидродинамики и исследование пампинг-эффекта позволило оценить остаточный перенос масс и консервативной примеси в устьевых областях приливных рек теоретически и при этом получилось объяснить ряд наблюдающихся фактов в устьях рек, хотя никаких наблюдений у автора не было. Эти факты другими способами не могли быть объяснены. Пампинг-эффект, кстати, может встречаться и в пористой среде, например, почве.

На мой взгляд, научная этика включает в себя написание хороших научных статей и грамотное использование как можно более широкого набора инструментов к разным задачам, так как не существует универсального математического аппарата, пригодного на все случаи жизни. И в этом смысле, журнал меня радует качеством статей, широким обзором литературы, где почерпнула немало полезного, за что благодарю редколлегию журнала.

Конечно, не ошибается только тот, кто ничего не делает, поэтому появление ошибок наверно, результат нормальный, особенно после приобретения достаточно длительного опыта. Но, на мой взгляд, лучше меньше писать статей, да лучше, чем гнаться за количеством. Учитывая, что оборудование достаточно дорогостоящее, то получать недостоверные выводы и прогнозы должно быть стыдно.

### Источники ошибок

Об особенностях применения математики в биологии и о том, какие там подстерегают трудности и ошибки на примере трудов А.А. Любищева упоминается в работе [Розенберг, 2010]. Там же показан приемлемый формат опубликования дискуссий, когда четко видны позиции двух сторон, хотя в этой статье Розенберг просто комментирует о том, что точка зрения Любищева остается актуальной до сих пор, несмотря на то, что биометрические методы используются уже достаточно давно. Там же приведена сравнительная таблица частоты встречаемости математических понятий и публикаций в иностранном журнале и отечественном. На мой взгляд, два крупных источника ошибок в биологии:

1. Использование слишком упрощенных подходов. Здесь уместно напомнить цитату Эйнштейна «Все следует упрощать до тех пор, пока это возможно, но не более того» [Большая..., 2008]. Где остановить упрощение – это скорее вопрос цели использования математики, имеющихся данных и т.д. Например, при изучении приливных течений экспериментально, выяснили, что баланс сил осуществляется главным образом двумя силами: градиентом давления и силой вязкости, такой режим получил естественное название градиентно-вязкого [Лапина, 2001]. Было показано, что такое наблюдается только в ограниченной области глубин. Другой пример. При вычислении потоков углекислого газа и метана с помощью метода турбулентных пульсаций, широко используется следующее приближение [Moncrieff et al., 2008]  $F_c = \overline{w\rho_c}$ . После представления Рейнольдса полная формула имеет вид:  $F_c = \overline{w}\overline{\rho_c} + \overline{w'\rho_c'}$ . Далее, на мой взгляд, безосновательно,

авторы указанной работы принимают предположение о том, что  $\overline{w} = 0$  и поэтому первым слагаемым пренебрегают. Хотя это предположение в принципе легко проверяется по данным измерениям. Это условие в гидродинамике называется условием прилипания и на уровне почвы вполне допустимо, а вот на высоте, вряд ли. По моим данным на высоте 4 м 1 августа 2012 г. на болоте Мэдл-Пэв-Нюр среднесуточная вертикальная скорость ветра составляла 10 см/с. А характерные значения пульсаций скорости ветра – порядка 1 см/с. А 11 августа среднесуточная вертикальная скорость ветра была

отрицательной и составила  $-35\text{мм/с}$ . Вопрос о корректности принимаемого допущения сейчас изучается отдельно, данных достаточно.

2. Некорректность данных. Имея большой массив данных, хотелось бы автоматизировать процесс обработки, но возникают трудности: какие данные считать корректными, а какие нет. Элементарные ошибки, типа «значения концентрации отрицательны», устранить легко, очевидно – ошибка прибора. Но если концентрация близка к нулю и положительна, для каких параметров существуют критерии отбора? Тут есть опасность удалить просто редко наблюдающееся данные, с одной стороны. С другой стороны, использование некорректных данных приводит к существенным ошибкам, например, в вычислении коэффициента корреляции. Принятая в программе EddyPro фильтрация данных по 5-минутным интервалам не сработает, если, например, прибор в течении 1 часа просто давал неверные данные, например, из-за конденсации влаги в ночное время. Некоторые исследователи [Чебакова и др., 2013; 2014] удаляют данные при малых значениях ветра. Для меня этот вопрос остается открытым, а хотелось бы автоматизировать. Буду рада, если кто что посоветует по этому поводу.

Что касается непосредственного самой работы Смагина, то первое, на чем остановилось внимание, это понятие конвективного потока. Но представленное выражение не выражает исключительно конвекцию, это просто перенос элементарного объема жидкости, включая разные механизмы, так как скорость движения определяется не только конвекцией, но и адвекцией, например. Так же сразу бросилось в глаза, что практически везде считается постоянным коэффициент диффузии. Но диффузия существенно зависит от температуры среды. Кстати, единство размерностей является необходимым, но недостаточным условием корректности моделей, так как желательно оценить еще характерный масштаб процессов. Я не знаю, существуют ли экспериментальные исследования, в которых бы показывался вклад тех или иных членов полной системы уравнений в изучаемые процессы? Так как наверняка существуют не только вертикальные движения, но и горизонтальные, например, обусловленные тем, что по горизонтали разная объемная влажность почвы, а как известно, более сухие почвы быстрее прогреваются (многoletние наблюдения на дачном участке разных типов почв позволяют мне сделать такое заключение).

Вызывают недоумение уравнения (7) и (8). Если уравнение (7) – обыкновенное дифференциальное уравнение, то почему используется круглое  $\partial$ , принятое в уравнениях с частными производными? Тогда (8) действительно верно. Но если (7) – уравнение в частных производных, то (8) неверно. Такая путаница в обозначениях порождает недоверие к результатам и аргументам автора и является еще дополнительным аргументом в пользу необходимости повышения математической культуры, по крайней мере, автора. Лично для меня все дальнейшие рассуждения автора перестали быть интересными.

## ЛИТЕРАТУРА

- Большая книга афоризмов (состав. К.В.Душенко). 2008. М.: Эксмо.
- Глаголев М.В. 2013. Новое отечественное исследование потоков  $\text{CO}_2$  в приземном слое атмосферы методом микровихревых пульсаций // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 4. №. 1. EDCCBrv0004.
- Головацкая Е.А., Дюкарев Е.А., Ипполитов И.И., Кабанов М.В. 2008. Влияние ландшафтных и гидрометеорологических условий на эмиссию  $\text{CO}_2$  в торфоболотных экосистемах // Доклады академии наук. Т. 418. №4. С. 539-542.
- Лапина Л.Э. 2001. Динамика течений и особенности переноса консервативной примеси в устьевых областях приливных рек. Сыктывкар. 140 с.
- Розенберг Г.С. 2010. А.А. Любищев о применении математики и биометрии в биологии (с экологическими комментариями и пояснениями) // Теоретические проблемы экологии и эволюции. V Любищевские чтения. Тольятти. С. 5-13.
- Чебакова Н.М., Выгодская Н.Н., Арнет А., Белелли Маркезини Л., Колле О., Курбатова Ю.А., Парфенова Е.И., Валентини Р., Ваганов Е.А., Шульце Е.Д. 2013. Энерго- и массообмен и продуктивность основных экосистем Сибири (по результатам измерений методом турбулентных пульсаций). 1. Структура теплового баланса за период вегетации // Известия РАН. Серия биологическая. № 6. С. 728-737.
- Чебакова Н.М., Выгодская Н.Н., Арнет А., Белелли Маркезини Л., Курбатова Ю.А., Парфенова Е.И., Валентини Р., Верховец С.В., Ваганов Е.А., Шульце Е.Д. 2014. Энерго- и массообмен и продуктивность основных экосистем Сибири (по результатам измерений методом турбулентных пульсаций). 2. Углеродный обмен и продуктивность // Известия РАН. Серия биологическая. № 1. С. 65-75.
- Moncrieff J., Clement R., Finnigan J., Meyers T. 2008. Chapter 2: Averaging, Detrending, and filtering of eddy covariance time series // Handbook of micrometeorology: A Guide for Surface Flux Measurement and Analysis / Lee X., Massman W., Law B. (Eds). Springer-Verlag. P. 7-31.

Поступила в редакцию: 27.05.2015