

УДК 504.5:661+574.4+574.002

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭМИССИИ ПОЛЛЮТАНТОВ НА НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ В ПУБЛИКАЦИЯХ

© 2012 г. М. В. Козлов*, Е. Л. Воробейчик**

**Университет города Турку, Лаборатория экологии
20014 Турку, Финляндия
E-mail: mikoz@utu.fi*

***Институт экологии растений и животных УрО РАН
620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202
E-mail: ev@ipae.uran.ru*

Поступила в редакцию 19.07.2011 г.

В современной экологии мета-анализ, принципы которого кратко изложены в настоящей работе, постепенно вытесняет традиционные обзоры литературы и приобретает статус негласного стандарта для обобщения результатов независимых исследований. Показано, что существенная доля публикаций, посвященных воздействию промышленного загрязнения на наземную биоту, не может быть использована для мета-анализа из-за погрешностей изложения результатов. В связи с этим предложен вариант протокола для описания результатов подобных исследований, включающий обязательные и желательные характеристики источника выбросов, импактного региона, объектов исследования и схем сбора материала. При изложении результатов строго обязательно приведение среднего значения, меры его изменчивости и объема выборки, по которой рассчитаны эти величины. Несоблюдение элементарных требований к представлению результатов в публикациях приводит к исключению ценной информации из научного оборота.

Ключевые слова: промышленное загрязнение, точечный источник эмиссии поллютантов, импактный регион, наземные экосистемы, мета-анализ, научные публикации, протокол описания результатов.

В предыдущей работе (Воробейчик, Козлов, 2012) мы рассмотрели методологические аспекты изучения импактных регионов, включая наиболее распространенные ошибки, допускаемые при сборе данных в условиях пассивного эксперимента. Однако не менее важно корректно проанализировать и детально описать собранный материал. Исходя из назревшей в импактной экологии необходимости количественного обобщения результатов независимых исследований, в данной работе мы обсудим основные требования к представлению информации в публикациях.

МЕТА-АНАЛИЗ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОБОБЩЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕЗАВИСИМЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выявление закономерностей на основе обобщения частных результатов – наиболее интересная, но в то же время и наиболее трудная задача любого научного исследования. Хотя статистический анализ широко применяется в экологии начиная с первой четверти XX в., вплоть до 1970-х годов не существовало формализованных спосо-

бов количественного обобщения накопленной информации. Вследствие этого обзорные работы страдали от неизбежного, порой неосознанного, субъективизма: их выводы были невоспроизводимы из-за отсутствия строгих критериев как подбора рассматриваемых публикаций, так и оценки качества содержащихся в них материалов.

Эта проблема была решена с появлением мета-анализа – относительно нового статистического подхода, позволяющего количественно объединять результаты нескольких независимых исследований (Шитиков и др., 2008; Borenstein et al., 2009). Суть мета-анализа заключается в переводе разнородных данных из отобранных по определенным критериям публикаций в сопоставимые величины эффектов (effect sizes) с последующим анализом полученных оценок для нахождения общих закономерностей, а также для выявления факторов, определяющих изменчивость результатов исследований (Gurevitch, Hedges, 2001). При этом мета-анализ в явном виде учитывает репрезентативность каждого из первичных исследований, придавая больший вес тем работам, которые

основаны на большем количестве независимых повторностей.

Далеко не каждая задача заслуживает применения мета-анализа. Он наиболее эффективен в тех случаях, когда накоплен значительный объем информации, и ее предварительный анализ показал, что в среднем величины эффектов относительно малы, результаты различных исследований противоречивы, а также есть основания подозревать смещение оценок величины и направленности эффекта из-за предвзятости исследователей и/или редколлегий журналов. Влияние промышленного загрязнения на биоту с полным правом можно отнести именно к такому типу задач.

Объективность мета-анализа достигается сочетанием двух обстоятельств – четко сформулированными критериями отбора публикаций и объединением результатов первичных исследований на основе статистического подхода. Теоретически выводы мета-анализа воспроизводимы: любой профессионал, используя описанные критерии отбора публикаций и методы поиска информации, соберет тот же самый набор первичных исследований, извлечет из них те же данные и придет к тем же заключениям, что и его предшественники.

Следует признать, что мета-анализ не лишен недостатков. Одна из основных проблем – крайняя сложность учета иерархии и анализа взаимодействия исследуемых факторов. Более того, сама правомерность применения мета-анализа до сих пор ставится под сомнение рядом скептиков (хотя нарекания, как правило, вызывают конкретные некачественно выполненные работы, а не собственно идеология метода). Тем не менее мета-анализ получил широкое распространение во многих областях, особенно в медицине; он широко применяется и в современной экологии, постепенно вытесняя традиционные обзоры и приобретая статус негласного стандарта для генерализации информации (Gates, 2002; Stewart, 2010). Можно ожидать, что в недалеком будущем ведущие международные журналы перестанут публиковать традиционные обзоры, и все обобщающие работы будут основаны на мета-аналитическом подходе.

В предыдущей работе (Воробейчик, Козлов, 2012) была описана база данных по публикациям, посвященным изучению влияния точечных источников эмиссии поллютантов на наземные экосистемы. К настоящему времени на ее основе выполнены мета-анализы исследований воздействия загрязнения на обилие и разнообразие мохообразных (Zvereva, Kozlov, 2011), почвенных микромицетов (Ruotsalainen, Kozlov, 2006) и наземных членистоногих (Zvereva, Kozlov, 2010), разнообразие (Zvereva et al., 2008), рост и размножение (Zvereva et al., 2010), обилие (Zvereva, Kozlov, 2012) и флуктуирующую асимметрию (Kozlov

et al., 2009) сосудистых растений. В процессе подготовки мета-анализ исследований влияния загрязнения на обилие и разнообразие птиц и кольчатых червей, а также деструкцию органического вещества. Примерами мета-анализа результатов изучения эффектов регионального загрязнения могут быть работы, посвященные действию озона на сельскохозяйственные культуры (Feng, Kobayashi, 2009) и деревья (Wittig et al., 2009), развитию паразитарной инвазии (Vidal-Martinez et al., 2010) и окислительного стресса (Isaksson, 2010) при повышении концентраций поллютантов, а также закономерностям аккумуляции кадмия в организме млекопитающих (Veltman et al., 2007).

Простейший мета-анализ проводят для поиска общей закономерности в совокупности первичных исследований, авторы которых пришли к различным, часто противоречащим друг другу, выводам. Например, в некоторых работах не была обнаружена связь между уровнем загрязнения и разнообразием растительных сообществ; более того, в ряде случаев разнообразие возрастало с загрязнением. Тем не менее мета-анализ всей совокупности публикаций показал, что в целом загрязнение ведет к уменьшению разнообразия сосудистых растений (Zvereva et al., 2008).

В то же время мета-анализ не сводится к простому суммированию опубликованных данных. Наиболее важная и интересная его составляющая – поиск причин, обуславливающих различия между результатами индивидуальных исследований. При решении этой задачи часто удается получить принципиально новую информацию, которая не содержалась ни в одной из первичных публикаций. Например, в мета-анализе работ, посвященных изменению разнообразия растительных сообществ, был сделан вывод о влиянии климата на величину эффектов: оказалось, что отрицательные эффекты менее выражены в высоких широтах (Zvereva et al., 2008). В другом случае удалось показать, что обилие нескольких групп биоты уменьшалось с увеличением длительности воздействия, тогда как влияние загрязнения на параметры организменного уровня этих же групп (размеры особей, выживаемость) с течением времени ослабевало (Kozlov, Zvereva, 2011).

Немаловажно, что мета-анализ позволяет выявить наименее изученные аспекты анализируемой проблемы, тем самым определяя стратегию дальнейшего поиска. Во-первых, это достигается четкой визуализацией того, насколько равномерно представлен материал по тем или иным объектам, во-вторых, акцентированием внимания на отсутствии эмпирического подтверждения тех закономерностей, которые считаются тривиальными и не изучаются.

Мета-анализ может быть реализован только в том случае, если публикации с изложением пер-

Таблица 1. Сравнение случайно выбранных 50 работ российских и 50 работ зарубежных авторов по представленности данных, определяющих качество эмпирического исследования и его пригодность для мета-анализа

Показатель	Авторы публикации		χ^2/P
	российские	зарубежные	
Наличие данных:			
сроки сбора материала	30	46	14.0/0.0002
количество участков	49	49	0.0/1.00
расположение участков	14	43	34.3/<0.0001
количество проб	24	19	1.02/0.31
среднее, мера изменчивости	14	34	16.0/<0.0001
Качество исследования:			
наличие статистического анализа	16	48	44.4/<0.0001
количество участков (на публикацию)	10.5	17.1	14.3/0.0002
количество величин эффектов, которые можно рассчитать (на публикацию)	3.8	9.0	7.61/0.006
количество вербальных выводов (на публикацию)	5.5	10.6	2.82/0.09

вичных материалов позволяют рассчитать величину эффекта. Для этого описание результатов должно удовлетворять нескольким элементарным требованиям. Как правило, для расчета величин эффекта необходимы либо (а) величина коэффициента корреляции между уровнем загрязнения (расстоянием до источника выбросов) и параметром биоты, а также количество повторностей, либо (б) средние значения, характеристика изменчивости (среднеквадратическое отклонение или стандартная ошибка) и количество повторностей для “опыта” (загрязненные участки) и “контроля” (фоновая территория). Если хотя бы один из этих элементов в публикации отсутствует или есть неопределенность в его идентификации (например, не указано, что именно находится после знака “±” – ошибка среднего или среднеквадратическое отклонение), то такая работа принципиально не может быть использована в мета-анализе. Фактически это равносильно тому, что ценная информация, на сбор и анализ которой были потрачены большие усилия, выпадет из научного оборота. Помимо очевидных негативных последствий для автора такой публика-

ции, которая, скорее всего, будет просто забыта, невозможность включения в мета-анализ некорректно изложенных результатов потенциально может привести к ошибочным выводам при поиске общих закономерностей.

РОССИЙСКИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ИМПАКТНОЙ ЭКОЛОГИИ

Большая часть исследований по изучению влияния точечных источников выбросов выполнена российскими авторами (в описанной базе данных их публикации составляют около 65%). В первую очередь это связано с тем, что существенная доля ныне действующих крупных источников промышленных выбросов расположена на территории России. В то же время многие русскоязычные публикации не содержат информацию, которая критически важна для расчета величин эффекта и, следовательно, их нельзя использовать в мета-анализе. В определенной степени это вызвано тенденцией к “дроблению” результатов одного исследования, характерной для российских экологов и ведущей к преобладанию небольших (1–3 стр.)

публикаций, объем которых не позволяет с необходимой детальностью описать ни методику, ни результаты исследования.

Для иллюстрации этого тезиса мы сформировали случайную выборку из нашей базы данных, содержащую по 50 работ российских и зарубежных (Западная Европа, США и Канада) авторов. В первом случае доля непригодных для мета-анализа публикаций (т.е. работ, в которых отсутствовали либо средние значения, либо мера их изменчивости) составила 72%, во втором — 32% (табл. 1). При подготовке материалов для мета-анализа по почвенным микробиотам также оказалось, что 46% русскоязычных работ не могут быть в нем использованы, тогда как среди работ зарубежных авторов доля непригодных публикаций составила только 10% (Ruotsalainen, Kozlov, 2006). Как видим, проблема полноты представления результатов в публикациях интернациональна, но специфика русскоязычных работ, увы, очевидна. Кроме того, российские авторы существенно реже основывают свои выводы на результатах статистического анализа, а также реже приводят информацию о сроках сбора материала и расположении пробных площадей, которая необходима для выявления источников изменчивости результатов индивидуальных исследований (см. табл. 1).

Подробное рассмотрение причин этой ситуации выходит за рамки этой работы, поскольку относится к истории науки. Кратко можно отметить, по крайней мере, две из них. Во-первых, к сожалению, сказывается все еще распространенное среди российских исследователей пренебрежение к статистическому анализу данных, уходящее корнями к самым мрачным страницам истории отечественной биологии (Леонов, 1999). Из-за этого у авторов часто не срабатывает “статистический инстинкт”, и они “забывают” указывать в публикациях объем выборки и/или ошибку среднего. Во-вторых, существовавшие в советское время цензурные ограничения на публикацию даже безобидных подробностей о промышленных предприятиях и их воздействии на природу сформировали у российских экологов традицию “безопасного” изложения информации. Неразгадываемые “географические ребусы” в значительной степени обесценили материалы, содержащиеся в работах 1970–1980-х годов. Но даже сейчас порой появляются публикации, в которых речь идет просто о некоем заводе (без указания его типа) с географической привязкой не точнее уровня континента. Поскольку величина эффекта загрязнения может зависеть от многих характеристик как источника выбросов, так и региона, в котором он расположен, отсутствие указаний на конкретное предприятие позволяет использовать такую работу только для расчета среднего эффекта, но исключает ее из анализа причин изменчивости результатов.

Одним из очевидных следствий недостаточного внимания к корректному описанию материалов исследований можно считать низкую цитируемость работ российских авторов за рубежом. Используя базу Web of Science, мы сформировали выборку из 630 статей, посвященных влиянию промышленного загрязнения на различные группы биоты; все работы были выполнены российскими исследователями (в том числе в соавторстве с иностранными коллегами) и опубликованы в период с 1980 г. по 2010 г. как в российских (257 статей), так и зарубежных (373 статьи) журналах. Для уменьшения возможного влияния языка публикации в выборку были включены только те российские журналы, которые переводятся на английский язык. В первом случае среднее цитирование одной статьи составило 0.92 раза, во втором — 9.10 раза. Мы уверены, что столь разительные различия в цитировании в значительной степени связаны не столько с характером самих исследований, сколько с погрешностями описания как методики, так и результатов работы.

Логичным и относительно легко реализуемым шагом для улучшения существующей ситуации может быть изменение отношения редколлегий экологических журналов к вопросам полноты и детальности описания результатов исследований. В первую очередь это касается раздела “Материалы и методы”, которому в российских изданиях уделяется существенно меньше внимания по сравнению с зарубежными. Для иллюстрации этого тезиса мы сформировали выборку, включающую 81 статью из российских журналов (Экология, Почвоведение, Известия РАН. Серия биологическая) и 81 статью из их зарубежных “аналогов” (Oikos, Applied Soil Ecology, Environmental Pollution). Для каждого журнала были выбраны три года (2006–2008 гг.), для каждого года — три первых номера из первых томов, в каждом номере — три первые статьи (включены только публикации с изложением оригинальных эмпирических данных). Такая схема формирования выборки, на наш взгляд, позволяет считать ее репрезентативной для сравнения в целом российских и зарубежных экологических журналов. Для каждой статьи был подсчитан объем раздела “Материалы и методы”, а также общий объем текста (без аннотации, таблиц, рисунков, списка литературы). Для исключения влияния языка использованы англоязычные версии российских журналов. Оказалось, что в отечественных журналах объем рассматриваемого раздела в среднем равен 2.8 тыс. знаков (95%-ный доверительный интервал составляет 2.5–3.2), иностранных — 7.0 тыс. знаков (6.4–7.7). Вряд ли столь существенная разница (2.5 раза!) свидетельствует о “сверхъестественном” умении российских авторов более сжато излагать информацию по сравнению с их зарубежными коллегами. Даже если нивелировать различия в общем

объеме текста (в зарубежных журналах он в среднем в 1.5 раза больше), отмеченная диспропорция сохраняется: в российских журналах доля раздела “Материалы и методы” составляет 18.5% от общего объема, в зарубежных – 29.4%. Все вышеизложенное свидетельствует о необходимости внесения определенных корректив в редакционную политику российских журналов, публикующих работы экологического профиля.

ПРОТОКОЛ ОПИСАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ В ПУБЛИКАЦИЯХ

Проблема унификации требований к представлению результатов экспериментальных исследований актуальна не только для российских экологических журналов. Можно вспомнить, что в свое время в смежной области – медицине – ситуация была ничуть не лучше. Но она кардинально изменилась в 1978 г. после того, как редакторы ведущих медицинских журналов (так называемая Ванкуверская группа) выработали единый стандарт (впоследствии неоднократно совершенствовавшийся), который подробно регламентирует структуру статьи, описание методики эксперимента (обследования), статистических методов и результатов (Uniform requirements ..., 2010). К сожалению, в экологии такого стандарта пока что нет ни на международном, ни на национальном уровнях. В России ситуация усугубляется и тем, что обучение написанию научных статей не входит в учебные планы большинства российских вузов (в отличие от западных); вплоть до последнего времени не существовало учебников или пособий по этой теме (Марьянович, Князькин, 2009; Советы ..., 2011). В то же время существуют специальные методические руководства, посвященные описанию результатов статистического анализа (Ланг, Сесик, 2011). Кроме того, многие зарубежные журналы в отличие от российских в правилах для авторов подробно регламентируют характер и полноту изложения информации.

На основе нашего опыта мы составили список характеристик, которые должны быть отражены в первичных публикациях, посвященных воздействию точечных источников эмиссии поллютантов на наземные экосистемы (табл. 2). Все эти характеристики необходимы для того, чтобы опубликованная информация могла быть эффективно использована для поиска общих закономерностей. И хотя список оказался достаточно большим, мы считаем, что критически важные сведения об источнике выбросов, зоне его воздействия и объектах исследования вполне можно уместить на одной странице рукописи; схема сбора и анализа материала в большинстве случаев также укладывается в одну страницу. Уточним, что при описании методики работы достаточным считается такой уровень детализации, который теоре-

тически позволил бы другому специалисту воспроизвести результаты, т.е. отыскать места расположения пробных площадей, а также повторить сбор и анализ материала с использованием тех же самых (однозначно определенных) методов.

Нелишне будет напомнить, что тривиальная с точки зрения автора информация может оказаться далеко не тривиальной для многих читателей. Одна из распространенных ошибок заключается именно в переоценке информированности читателя о региональной специфике, из-за чего в публикациях часто отсутствуют необходимые характеристики изучаемой территории и источника выбросов. На наш взгляд, всегда следует ориентироваться на такого читателя, который не знает местных условий и не имеет практической возможности получить дополнительную информацию (например, из-за незнания языка или отсутствия доступа к трудам национальных конференций). Внимательное отношение к читателю – не только правило хорошего тона, но и залог того, что публикация будет прочитана, правильно понята, процитирована и корректно использована другими исследователями.

МЕТА-АНАЛИЗ И ВОПРОСЫ НАУЧНОЙ ЭТИКИ

При подготовке данных для мета-анализа нам часто приходилось обращаться к авторам опубликованных работ за дополнительной информацией. Результаты этого общения вынуждают высказаться по вопросам, относящимся к области научной этики. Мы считаем, что прямая обязанность любого автора – писать статьи таким образом, чтобы содержащиеся в них материалы можно было однозначно истолковать и использовать без дополнительной консультации с ним. Если же автор не справился с этой задачей, и читатель обращается за уточнением, общепринятые принципы научной этики позволяют надеяться на быстрый и конкретный ответ. К сожалению, такая ситуация встречается на удивление редко.

В качестве иллюстрации приведем результаты своеобразного социологического исследования, предпринятого нами в 2006–2009 гг. Более половины из 100 уточняющих запросов русскоязычным авторам просто остались без ответа, причем повторные письма и телефонные звонки показали, что вины почты в этом почти нет – многие просто не считали нужным утруждать себя. Быстрый и четкий ответ удалось получить только на 10% запросов (включая, правда, и “отрицательные результаты”, например информацию о том, что данные потеряны или подробности сбора материала за давностью лет забыты). Примерно в 20% случаев авторы прислали “отписки” (например, фразу “Все результаты статистически обработаны” в ответ на вопрос о том, что именно при-

Таблица 2. Протокол описания результатов изучения воздействия точечных источников эмиссии поллютантов на наземные экосистемы

Элемент описания	Блок описания	Характеристики описания	
		Обязательные	Желательные
Источник выбросов	Справочный	Название ТИЭП и его тип (например, металлургический завод)	Основная выпускаемая продукция
	Географический	Привязка ТИЭП к административному району и крупному населенному пункту	Географические координаты ТИЭП с максимальной возможной точностью
	Исторический	Год пуска ТИЭП	Даты существенных изменений структуры и объемов производства
	Химический	Перечень основных поллютантов, даты существенных изменений структуры и объемов выбросов	Объемы выбросов в период исследований, а также в перспективе
	Географический	Расположение исследуемого ТИЭП относительно других ТИЭП сопоставимой мощности	Перекрытие либо отсутствие перекрытия импактного региона исследуемого ТИЭП с импактными регионами других ТИЭП
	Ландшафтный	Природно-географическая зона (например, южная тайга, лесостепь). Характеристика ландшафта (например, низкогорный, равнинный)	Краткое описание характера трансформации растительности. Существующие оценки размеров зоны поражения
	Экологический	Характеристика исходного состояния растительности и почвенного покрова (включая pH верхних почвенных горизонтов)	Физико-химические параметры верхних горизонтов почвы (включая гранулометрический состав, концентрацию азота, углерода/гумуса, обменных катионов, магния, калия, алюминия и пр.)
Объект исследования*	Исторический	Краткая история проявления наиболее ярких нарушений природной среды	Краткий обзор основных работ, выполненных возле данного ТИЭП
	Химический	Ссылки на работы, описывающие распределение поллютантов по территории	
	Систематический	Нишая иерархическая категория, к которой может быть отнесен объект. Латинское название (для организмов)	Принятая классификация (например, для ландшафтов, почв, растительных сообществ). Для таксономически сложных групп: кто определяет материал, где он хранится
	Экологический	Особенности объекта, важные для понимания результатов исследования	Краткая характеристика объекта, "визуализирующая" его в глазах специалиста
	Справочный	Количество пробных площадей (ПП). Размеры и форма ПП. Обозначение индивидуальных ПП в тексте. Даты сбора материала	Ссылки на другие работы, выполненные с использованием тех же самых ПП. Привязка сроков работ к фенологии исследуемых объектов

Таблица 2. Окончание

Элемент описания	Блок описания	Характеристики описания	
		Обязательные	Желательные
Схема сбора материала: микроуровень	Географический	Направление (по 8 румбам) и расстояние от каждой ПП до источника выбросов. Положение ПП в ландшафте (например, нижняя треть склона). Высота над уровнем моря (для горных районов)	Географические координаты ПП с максимально возможной точностью. Карта расположения ПП. Высота над уровнем моря (для равнинных районов)
	Методический	Схема выбора ПП (случайный отбор, подбор на основе определенных критериев и пр.). Критерии сопоставимости выбранных ПП на фоновой и импактной территориях	Обоснование схемы выбора ПП
	Химический	Концентрация одного из поллютантов и рН почвы (лесной подстилки) на каждой из ПП	Концентрации нескольких поллютантов на каждой из ПП
	Справочный	Определение учетной единицы (например, дерево, площадка 25 × 25 см, составная проба из нескольких индивидуальных). Количество учетных единиц и схема их выбора в пределах ПП (например, случайное или равномерное размещение). Расстояние между учетными единицами. Привязка учетных единиц к микрорельефу или иным объектам (например, к стволам деревьев)	Обоснование выбора описываемой схемы сбора материала
	Протокол сбора и разборки материала	Описание протокола с уровнем детализации, позволяющим организовать повторный сбор информации, либо ссыла на стандартный протокол (если он не был модифицирован). Точность измерений	Проверка воспроизводимости результатов. Стандартные образцы, с которыми проводилось сопоставление
	Оборудование	Ключевые параметры (например, предел обнаружения, дискретность и точность измерения)	Тип и марка прибора, изготовитель
	Описание результатов	Среднее значение, характеристика изменчивости (среднеквадратическое отклонение) или точности (ошибка среднего, доверительный интервал), объем выборки (количество повторностей)	В случае необходимости – дополнительные параметры частотных распределений (медиана, мода, квартили, децили, максимум и минимум, коэффициенты вариации, асимметрии и эксцесса)
Статистический анализ	Выборанный статистический критерий, доказательство корректности его использования. Значение критерия, количество степеней свободы, достигнутый уровень значимости	Обоснование выбора используемого критерия.	

Примечание. ТИЭП – точечный источник эмиссии поллютантов; ПП – пробная площадка; * – если объектов несколько, то указанная информация приводится для каждого из них; ** – приводится в виде таблицы или графика, но может быть опубликована в виде электронных архивов.

ведено в конкретной таблице – ошибка среднего или среднеквадратическое отклонение). В оставшихся 20% случаев авторы не отказывались ответить на вопросы, но выдвигали определенные условия. Особое впечатление произвели “коммерческие” предложения: согласие сообщить ошибку среднего за плату (три случая) или готовность собрать “тот же самый” материал повторно на условиях полной оплаты проекта (два случая). На этом фоне предложения прислать информацию об объемах выборок в обмен на соавторство в обзорной работе (два случая) или в новой работе, основанной на том же самом материале (один случай), уже не кажутся столь вопиющими.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие современных методов анализа информации выдвигает жесткие требования к изложению результатов первичных исследований. В данной работе мы попытались обосновать необходимость принятия стандартного протокола описания в научных публикациях результатов работ по воздействию точечных источников эмиссии поллютантов на наземные экосистемы и предложили вариант такого протокола. Мы считаем, что его соблюдение способно существенно повысить качество публикаций. Трудозатраты, необходимые для адекватного описания района работ, объектов и результатов исследования, ничтожно малы по сравнению с тем обстоятельством, что при несоблюдении элементарных требований ценная информация не сможет быть вовлечена в научный оборот и фактически будет потеряна для науки.

Мы признательны Е.Л. Зверевой, М.Р. Трубиной, В.С. Микрюкову, Д.В. Веселкину и В.Е. Звереву за обсуждение и комментарии к тексту рукописи. Статья подготовлена при совместной финансовой поддержке Финской Академии (проект № 124152) и РФФИ (проект № 08-04-91766-АФ), а также Программы поддержки ведущих научных школ (проект № НШ-5325.2012.4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воробейчик Е.Л., Козлов М.В.* Воздействие точечных источников эмиссии поллютантов на наземные экосистемы: Методология исследований, экспериментальные схемы, распространенные ошибки // *Экология*. 2012. № 2. С. 83–91.
- Ланг Т.А., Сесик М.* Как описывать статистику в медицине: Руководство для авторов, редакторов и рецензентов / Пер. с англ. Под ред. В.П. Леонова. М.: Практическая медицина, 2011. 480 с.
- Леонов В.П.* Долгое прощание с лысенковщиной // *Биометрика*. 1999. URL: <http://www.biometrika.tomsk.ru/lis.htm>.
- Марьянович А.Т., Князькин И.В.* Диссертация: инструкция по подготовке и защите. М.: АСТ, 2009. 403 с.
- Советы молодому ученому: Методическое пособие для студентов, аспирантов, младших научных сотрудников и, может быть, не только для них / Под ред. Е.Л. Воробейчика. Екатеринбург, 2011. 122 с.
- Шутиков В.К., Розенберг Г.С., Крамаренко С.С., Якимов В.Н.* Современные подходы к статистическому анализу экспериментальных данных // *Проблемы экологического эксперимента: планирование и анализ наблюдений*. Тольятти, 2008. С. 212–250.
- Borenstein M., Hedges L.V., Higgins J.P.T., Rothstein H.R.* Introduction to meta-analysis. Chichester: John Wiley & Sons, 2009. 421 p.
- Feng Z.Z., Kobayashi K.* Assessing the impacts of current and future concentrations of surface ozone on crop yield with meta-analysis // *Atmos. Environ.* 2009. V. 43. № 8. P. 1510–1519.
- Gates S.* Review of methodology of quantitative reviews using meta-analysis in ecology // *J. Anim. Ecol.* 2002. V. 71. № 4. P. 547–557.
- Gurevitch J., Hedges L.V.* Meta-analysis. Combining the results of independent experiments // *Design and analysis of ecological experiments* / Eds. S.M. Schneider, J. Gurevitch. Oxford, 2001. P. 347–369.
- Isaksson C.* Pollution and its impact on wild animals: a meta-analysis on oxidative stress // *EcoHealth*. 2010. V. 7. № 3. P. 342–350.
- Kozlov M.V., Zvereva E.L.* A second life for old data: Global patterns in pollution ecology revealed from published observational studies // *Environ. Pollut.* 2011. V. 159. № 5. P. 1067–1075.
- Kozlov M.V., Zvereva E.L., Zverev V.E.* Impacts of point polluters on terrestrial biota: Comparative analysis of 18 contaminated areas. Dordrecht: Springer, 2009. 466 p.
- Ruotsalainen A.L., Kozlov M.V.* Fungi and air pollution: is there a general pattern? // *New Topics in Environmental Research* / Ed.: D. Rhodes. Hauppauge, N.Y., 2006. P. 57–103.
- Stewart G.* Meta-analysis in applied ecology // *Biol. Lett.* 2010. V. 6. № 1. P. 78–81.
- Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals: writing and editing for biomedical publication / Intern. Committee of Medical J. Eds. 2010. URL: http://www.icmje.org/urm_main.html
- Veltman K., Huijbregts M.A.J., Hamers T. et al.* Cadmium accumulation in herbivorous and carnivorous small mammals: Meta-analysis of field data and validation of the bioaccumulation model optimal modeling for ecotoxicological applications // *Environ. Toxicol. Chem.* 2007. V. 26. № 7. P. 1488–1496.
- Vidal-Martinez V.M., Pech D., Sures B. et al.* Can parasites really reveal environmental impact? // *Trends Parasitol.* 2010. V. 26. № 1. P. 44–51.
- Wittig V.E., Ainsworth E.A., Naidu S.L. et al.* Quantifying the impact of current and future tropospheric ozone on tree biomass, growth, physiology and biochemistry: a

- quantitative meta-analysis // *Global Change Biol.* 2009. V. 15. № 2. P. 396–424.
- Zvereva E.L., Kozlov M.V.* Responses of terrestrial arthropods to air pollution: A meta-analysis // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2010. V. 17. № 2. P. 297–311.
- Zvereva E.L., Kozlov M.V.* Impacts of industrial pollutants on bryophytes: a meta-analysis of observational studies // *Water, Air, Soil Pollut.* 2011. V. 218. № 1–4. P. 573–586.
- Zvereva E.L., Kozlov M.V.* Changes in the abundance of vascular plants under the impact of industrial air pollution: a meta-analysis // *Water, Air, Soil Pollut.* 2012. DOI 10.1007/s11270-011-1050-z.
- Zvereva E.L., Roitto M., Kozlov M.V.* Growth and reproduction of vascular plants in polluted environments: a synthesis of existing knowledge // *Environ. Rev.* 2010. V. 18. P. 355–367.
- Zvereva E.L., Toivonen E., Kozlov M.V.* Changes in species richness of vascular plants under the impact of air pollution: A global perspective // *Global Ecol. Biogeogr.* 2008. V. 17. № 3. P. 305–319.