

С расширенным доступом

Если бы меня попросили описать одним словом мою текущую научную деятельность, то это было бы слово «смерть». Конечно, я прекрасно понимаю, что эта тема сильно табуирована, чему виной различные суеверия, страхи и тому подобные вещи. Однако, несмотря на это, мне всё же хочется поговорить об этом в контексте моей профессиональной научной деятельности. Отчасти потому, что это, как я сказал, запретно, а значит притягательно, а отчасти потому, что я давно ищу разные формы представления исследований, проводимых со своими коллегами-лимнологами, в научно-популярной форме. В конце концов, подумал я, а почему бы и нет? Тем более, что в таком ключе про исследования озер, коих видимо-невидимо на нашей стране, уверен, еще никто до меня не писал. В общем, задел готов. Поехали.

Тем, кто мало представляет, чем мы с коллегами занимаемся, поясню. Мы лимнологи, изучаем озера, главным образом на севере России (в Карелии, Мурманской области). Лично я специализируюсь на геохимии донных отложений озер и чаще всего изучаю поведение тяжелых металлов в водной среде и их накопление в озерном иле. Каждое лето и зиму мы выбираемся в экспедиции и отбираем образцы проб — воды и тех самых отложений или ила, далее везем их в лабораторию, анализируем, обдумываем полученные данные и пишем научные статьи. В общем, как вы поняли, я и мои коллеги часто бываем на озерах — и на больших (например, на Ладожском или на Имандре), и на совсем маленьких, почти лужах, которые в Карелии называют «ламбами», или «ламбушками», что по-фински означает «лесное озеро». В Мурманской области малые озера никаким отдельным словом не обозначаются, так что будут они просто «малыми озерами». В любом случае, хоть в Карелии, хоть в Мурманской области, хоть в какой-нибудь Тмутаракани озера (как их ни назови) — это природные объекты повышенной опасности. Настолько повышенной, что на кону ни много ни мало жизнь человека. В нашем случае не просто человека, а ученого, в иных ситуациях даже светил науки. Это значит, что любой водоем, хоть маленький, хоть большой, при определенных обстоятельствах (неблагоприятных погодных условиях, технических неисправностях или просто людской дурости) может отправить на тот свет транзитом через дно озера любого, кто сядет в лодку или встанет на лед.



Полевые лимнологические работы в июле 2020 года на севере Мурманской области (слева — А.В. Гузева, справа — З.И. Слукковский). Фото М.Б. Малышевой

По статистике Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) вследствие утоплений умирают от 320 тыс. человек в год (Утопления, 2020)¹. Это, ни много ни мало, примерно население Саранска, Смоленска или Якутска. Если говорить только о России, то по данным Министерства чрезвычайных ситуаций в нашей стране тонут от 3 до 4,5 тыс. людей ежегодно (МЧС..., 2020). Интересно, что наибольшему риску утопления подвергаются дети, мужчины и люди с расширенным доступом к воде. А кто такие лимнологи, если не люди с этим самым «расширенным доступом к воде»? По моей собственной статистике, у меня ежегодно бывает до 30 связанных с водой выходов на водоем летом и осенью и до 10 — в весенне-зимнее время. И это без учета выходов на озера или реки, связанных с отдыхом. Вот тебе и ежегодный, можно сказать, нескончаемый риск. Даже правильно надетый жилет не спасет в случае попадания в воду, потому что и летом наши северные озера могут оставаться холодными. Так что умереть можно еще до того, как тело погрузится на дно, — от переохлаждения. Попасть же в воду, увы, достаточно легко. Нужно всего лишь сесть в неисправный плавательный аппарат, продырявить его (случайно или нет — не важно) во время путешествия, нарваться на скалу или другое судно, выйти на неокрепший лед или нырнуть (вероятно, за пробой?) в полынь. Даже в том случае, если лед достаточной для работы толщины. Вариантов много — выбирай любую. Итог один: смерть. И это был первый вариант доказательства моего первоначального постулата. Двигаемся дальше.

Умри, но стратификацию сохрани!

Если продолжать тему утопленников, то почти каждую мою экспедицию они так или иначе возникают то на одном озере, то на другом. Благо этими несчастными не становятся мои коллеги, потому что мы свято чтим технику безопасности. Я говорю об утопленниках прошлого, о трагичных историях, которые хранят многие водоемы нашей страны. Обычно о таких случаях мы узнаем от местных жителей, так как большую часть своих исследований проводим на водоемах, которые расположены в городах или сельской местности. Например, в 2018 году

Смертельная лимнология, или По ком стонет дно Карельской ламбы? Черный юмор от суровых лимнологов Заполярья

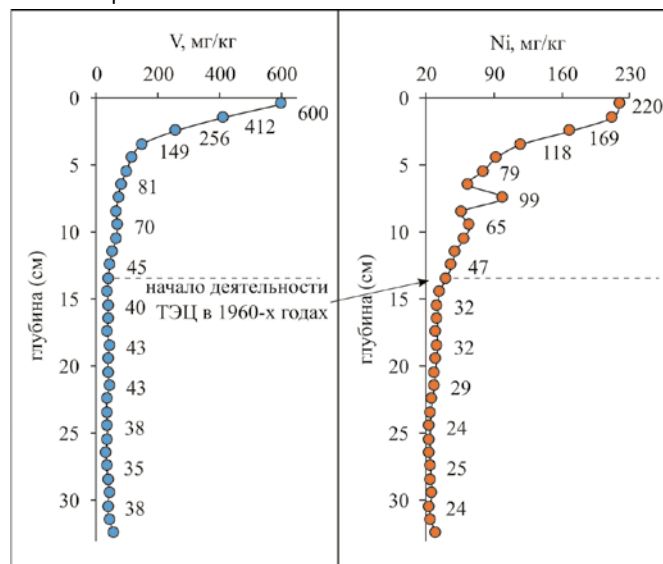
Захар Слукровский, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН и Института геологии Карельского научного центра РАН

на берегу озера Хухтерву Лахденпохского района Республики Карелии местная жительница поведала, что несколько лет назад в этом водоеме утонул мужчина, и на его поиски даже водолазов вызывали, которые, перевернув всё дно, так никого и не нашли. Утопленник через несколько дней после их отъезда всплыл сам. Водолазы при этом, по ее словам, обнаружили в этом озере «двойное дно» — правда, что это такое, мы так понять и не смогли: эхолот (прибор для измерения глубин) никаких аномалий в этом озере не обнаружил, бурение донных отложений пробоботборником Limnos также прошло довольно успешно. Причем колонка отложений оказалась вполне представительной, о чем можно было судить по характерному распределению Pb, Cd и Sb, по которым можно судить о влиянии дальнего переноса загрязняющих веществ на Севере России.



Работы на озере Хухтерву Лахденпохского района Республики Карелии в июле 2018 года (в лодке — Е.В. Сыроежко и М.А. Медведев). Фото З.И. Слукковского

На другом водоеме, озере Окунёвом, расположенном в центре города Мурманска, в том же 2018 году утопленник «всплыл» прямо в СМИ. В частности, о случае гибели 46-летнего местного жителя сообщалось на сайте «Мурманского вестника» (Водолазы..., 2018). Примечательно в этом случае то, что я с коллегами буквально за неделю до печального случая работал и отбирал пробы воды и донных отложений с этого озера (Слукровский, 2018а). Как и в случае с озером Хухтерву, к делу были подключены водолазы, и именно с их помощью тело утонувшего мурманчанина было вытаскано из водоема. Дальнейшие исследования колонок донных отложений продемонстрировали, что утопленник также никак не нарушил стратификацию осадков в озере Окунёвом (Slukovskii et al., 2020a). Больше всего нас интересовали распределения V и Ni (см. график), ведь именно эти два металла в большом количестве содержатся в выбросах ТЭЦ Мурманска, которая работает на мазуте (Попов, 2019). Графики, полученные в ходе работ, иллюстрируют непрекращающийся характер загрязнения городского водоема с середины прошлого века по сей день. Как это связано с утопленником? Да особенно никак. Но ведь мне нужно как-то оправдать научность этой публикации. Получается, под соусом запретной смертельной темы подаются вполне себе открытые эколого-геохимические данные. И городские озера в этом отношении — просто клад, ведь с ними всегда и повышенные концентрации элементов-загрязнителей вследствие антропогенной нагрузки, и несчастные утопленники вследствие рекреационной привлекательности и доступности озер для местного населения. Уверен, что другие Мурманские озера также имеют не одну подобную историю, большинство из которых, вероятно, задокументированы только в архивах правоохранительных органов.



Вертикальное распределение концентраций ванадия и никеля в колонке донных отложений озера Окунёвого (город Мурманск)

Продолжая тему правоохранительных органов, необходимо сказать, что утопленники, которые постоянно «встречают» нас на городских озерах, могут быть связаны с громкими криминальными историями. Совсем свежая история возникла в моей записной книжке, когда я приехал в славный город Архангельск в сентябре 2020 года для исследований местных водных объектов. Первым озером в нашем списке значилось озеро Бутыгино, на котором нужно было измерить глубины и провести отбор воды и донных отложений. Почти сразу выяснилось, что всего год назад ledenящая душу новость, связанная с Бутыгиным, ошеломила жителей Архангельска. Ошеломила эта история и меня, ведь про кого-кого, а про маньяка-каннибала я точно не был готов узнать от коллег в первый же день нашей экспедиции. Жертвами маньяка стали три человека, останки их тел были найдены как раз на дне озера Бутыгино (В Архангельске..., 2019). Следствием было установлено, что убийца и жертвы были знакомы, и они даже выпивали вместе. Именно после пьянки маньяк совершил свои злодеяния, убив, расчленив и частично поев (поэтому и каннибал) своих собутыльников. Примечательно, что обвиняемый в тройном убийстве был признан психически вменяемым. Это при том, что данный товарищ употреблял в пищу не только людей, но и кошек, собак и других мелких животных и птиц, чьи останки были обнаружены в пакетах вместе с человеческими. Жуть, да и только. Однако, если задуматься, то водоемы довольно часто используются криминальными элементами в качестве мест, где можно скрыть оружие преступления (ножи, пистолеты) или самих жертв. Подобные случаи описаны в книгах, регулярно демонстрируются в фильмах, а также становятся топовыми новостями в СМИ. Чего только стоит недавняя история расчленивателя Соколова из Санкт-Петербурга, который пытался утопить останки своей жертвы в реке Мойке, но был остановлен, так как сам упал в реку, а в его рюкзаке нашли части тела убитой девушки (Доцент-расчлениватель..., 2019). В настоящий момент и архангельский маньяк, и питерский расчленитель находятся под стражей.

Заканчивая тему озер и убийц, не могу не отметить один факт. В 2018 году мы с коллегами начали свои исследования на озере Большом Вудъявре, расположенном рядом с городом Кировском (Слукровский, 2018б). Конечно, исследования этого водного объекта велись много лет и до нас. Но вот почему-то именно в это время, а именно 14 марта 2019 года, на экраны вышел восьмисерийный детективный сериал «Мертвое озеро» с Евгением Цыгановым в главной роли. «А что здесь такого?» — спросите вы. А то, что снимали фильм в Кировске, и в качестве ключевого («мертвого») водоема использовали упомянутый уже Большой Вудъявр. Совпадение? Думаю, да. В психологии это называется феноменом Баадера — Майнхофа, или иллюзией частности. То есть я не псих, а просто замечаю лишь то, что хочу замечать, и мне кажется, что это попадает мне всюду. Если интересно, почитайте. И сериал посмотрите. В любом случае будем считать, что вторая часть доказательства тезиса о смертности лимнологических исследований закончена.



Афиша сериала «Мертвое озеро», снимавшегося в Кировске

О, «счастливчики»...

Пытаясь плавно перейти к следующим эпизодам, отмечу, что идея назвать сериал «Мертвым озером» совсем не уникальна. Дело в том, что простой поиск по картам «Яндекса» выдал мне пару десятков озер с названием «Мертвое». Такие объекты можно встретить в Хабаровском крае, на Чукотке, в Тюменской области, в Подмосковье и в Республике Беларусь. На самом севере Мурманской области есть озеро Могильное. Уверен, существует множество версий, почему эти озера были названы столь жуткими словами. Может, где-то было совершенно убийство или ритуальное жертвоприношение, а где-то просто не водится рыба, и местные жители решили, что вода в озере плохая и, следовательно, мертвая. В общем, насчет воды какого-либо из этих озер сказать без предметного анализа что-то очень сложно, но то, что на дне всех этих водоемов лежат тонны омертвевших остатков растений и животных, — неоспоримый факт. Именно эти остатки слагают донные отложения озер. Иногда эти отложения называют словом «сапропель», что в переводе с латинского означает ►

¹ Полный список литературы см. на нашем сайте.

► «гнилой ил». Озера с большим содержанием этого самого ила, подверженные эвтрофированию и заболачиванию, вполне могут быть непригодны для обитания рыбы. Вот вам и вероятная причинно-следственная связь между названием какого-либо из Мертвых озер России-матушки и тем, почему эти озера могут быть лишены пользы для местного населения.



Автор статьи с бидоном сапропеля озера Грязного (Республика Карелия). Фото Е.М. Макаровой

Кстати, в неглубоком и богатом сапропелем небольшом озерке довольно легко утонуть, так как желеобразный водянистый ил может запросто засосать, если попытаться на него встать. Получится тот же эффект, что и с тонущим в болоте: чем больше барахтаешься, тем больше тебя засасывает. Так что и в этом отношении любое из найденных Мертвых озер может легко оправдать свое название. Причем же тут лимнологическая деятельность, моя и моих коллег? А вот притом, что именно донные отложения (ил или сапропель) чаще всего являются основными объектами наших исследований уже много лет. Им посвящены наши публикации в российских и иностранных журналах и почти все проекты различных научных фондов, дающих мне и моим коллегам деньги на всё новые и новые (смертельно интересные!) исследования омертвевших остатков некогда живых организмов. Кстати, надеюсь, вы понимаете, что частью донных отложений или сапропеля может стать не только листик березы, кусок сосновой коры, маленький окунь, гигантская непойманная кем-то щука, бентос или планктон, но и любой из упомянутых выше несчастных утопленников. Как бы это ни звучало ужасно, но утонувшего и разложившегося на частицы на дне какой-нибудь Карельской ламбы или малого озера Мурманской области человека вновь можно поднять в виде осадка в ходе наших лимнологических работ. Отдельные «счастливики» могут даже «попасть» (опять-таки в виде донных отложений) на страницы какого-нибудь модного международного научного журнала. Не уверен, что кто-либо когда-либо задумывался о таком «воскрешении» после смерти, и тем более не уверен, что кто-либо мечтал о чем-то таком при жизни, но факт остается фактом: частью научной работы лимнолога может стать каждый. Ну, а если говорить совсем глобально, то, в принципе, в озера и в их донные отложения попадает всё, что умерло в пределах водосборной площади. Так что, по-хорошему, каждый из нас после смерти станет илом на дне. В общем, отложения, которые мы изучаем, также имеют прямое отношение к теме смерти. Это был третий вариант доказательства моего постулата из начала статьи.

Что ни озеро — то с металлами

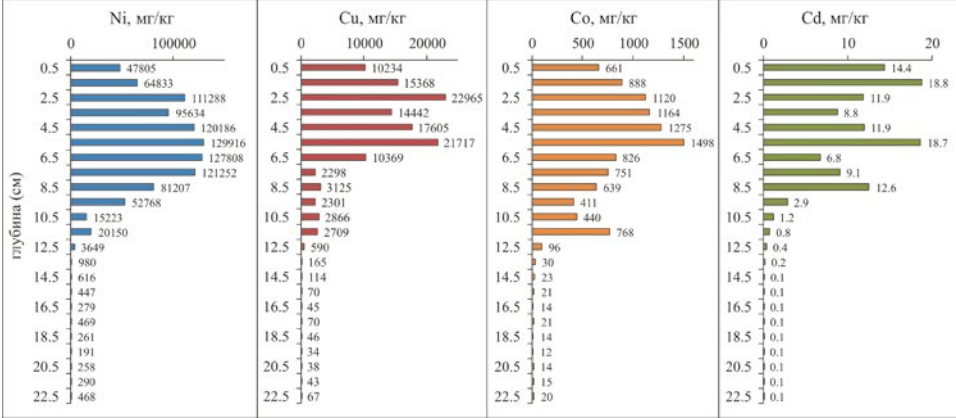
И вот вы прекрасно поняли, что донные отложения в Карелии, Мурманской области и вообще на Севере во многом состоят из органического вещества (детрита). Самые нажористые сапропели могут иметь до 80% органики. Но бывает и меньше.

Например, отложения озера Большого Вудъявря, где снимали упомянутый выше сериал, — это вообще не сапропель; органики в отложениях этого водоема не больше 15–17%. В общем, это я к тому, что вторую, иногда очень значительную, часть всех отложений озер составляют частицы горных пород или осадков водосборной территории. По уровню накопления тех или иных химических элементов иногда можно установить, что это за породы, есть ли в них рудная минерализация, классифицировать тип осадка и т.д. (Страховенко, 2011). А еще по уровню накопления отдельных элементов можно говорить о влиянии антропогенного фактора на жизнь водоема и его донные отложения (Даувальтер, 2012). Чуть выше в тексте статьи я уже упоминал некоторые из таких элементов (Pb, Cd, Sb, V, Ni), которые в экологической литературе объединяются в группу «тяжелых металлов». «Тяжелыми» их называют в основном из-за негативного (токсичного) влияния на живые организмы, включая человека. Именно поэтому оценка содержания этих элементов в разных средах, в том числе в отложе-

ниях озер, — очень важная составляющая научных исследований лимнологов. Если разобраться, то тяжелые металлы сегодня находят практически везде: в волосах детей, в нектаре растений, в шерсти кабана. Да-да, это всё реальные работы! При лимнологических исследованиях уровень накопления тяжелых металлов оценивается в воде, в донных отложениях и в живых организмах. В сапропелях, которые я часто изучаю, уровень накопления тяжелых металлов регулируется ГОСТом «Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия». Однако этот нормативный документ нужен только если вы собираетесь добывать озерные осадки и использовать их в сельском хозяйстве. В остальных случаях почти все донники (те, кто изучает донные отложения) используют фоновые концентрации тяжелых металлов на исследуемой территории или ПДК для почв.

За примерами того, насколько сильно концентрации тяжелых металлов в осадках озер могут превышать фон или ПДК, мне, как вы, думаю, понимаете, далеко ходить не надо. Городские озера и озера вблизи промышленных зон Севера России — прекрасная иллюстрация негативного влияния человеческой деятельности на водные экосистемы. В городе Петрозаводске сильному загрязнению подвержено озеро Ламба, которое, хоть и расположено на окраине, но много лет испытывало влияние местной ТЭЦ, работавшей с 1970-х по 2000-е годы на мазуте. Как итог в отложениях Ламбы отмечены ураганные концентрации V и Ni (Слуковский, 2020). Благо на сегодняшний день ТЭЦ перешла на использование газа, и уровень загрязнения озера и его сапропеля за последние 20 лет сильно сократился. Однако этот сапропель по-прежнему не стоит добывать ввиду высоких концентраций загрязнителей, хотя какое-то время назад существовала идея использования отложений озера Ламба для нужд местного ягодно-плодового питомника. К счастью, никто эту идею так и не

осуществил. Не стоит использовать ни для чего хорошего и отложения из озер города Мурманска, которые тоже загрязнены уже упомянутыми V и Ni, ведь в столице Заполярья также работает мазутная ТЭЦ, причем используя с 1960-х годов это не самое экологичное топливо до сих пор (Slukovskii et al., 2020b). Самая печальная ситуация сложилась с озерами Ледовым и Семёновским. Кроме повышенных концентраций V и Ni, в обоих водоемах отмечены аномалии по Pb, Sb и нефтяным углеводородам, характерный запах которых выдавал что-то неладно с этими озерами еще при отборе проб (Guzeva et al., 2020). Так что нефтянка вкупе с тяжелыми металлами делает Мурманские озера одними из самых загрязненных водоемов на Северо-Западе России. Пospорить с ними в этом отношении могут только озера близ медно-никелевых комбинатов в Никеле и Мончегорске. Например, в отложениях озера Нюдъявр (см. рисунок), куда поступают стоки от металлургического производства, отмечены сумасшедшие концентрации Ni, Cu, Co и Cd (Даувальтер, Кашулин, 2011; Слуковский, Даувальтер, 2019). Похожая ситуация наблюдается и в городском озере Комсомольском, которое принимает лишь атмосферные выбросы от предприятия. Конечно, абсолютные значения тяжелых металлов в этом озере значительно ниже, чем в Нюдъявре, но набор загрязнителей, естественно, тот же (Slukovskii et al., 2020c). Исследователи атмосферных аэрозолей отмечают влияние металлургического производства в Мончегорске по маркерным элементам (Ni и Cu) даже на расстоянии около 400 км (Виноградова, Иванова, 2013). Я в свою очередь могу добавить, что повышенные (но не такие, как близ Мончегорска, конечно) концентрации этих двух металлов в самых верхних слоях донных отложений мы отметили в озерах севера Карелии. Значит, и правда долетают. Не врут исследователи атмосферных аэрозолей.



Вертикальное распределение концентраций никеля, меди, кобальта и кадмия в донных отложениях озера Нюдъявр (Мурманская область)

Привет от самураев

Безусловно, повышенные концентрации тяжелых металлов влияют на жизнь в озере или любом другом водоеме. Самый худший сценарий — это гибель того или иного вида или группы живых ор-

ганизмов. И хотя есть организмы, которые вполне себе приспосабливаются даже к самым ужасным условиям обитания, отдельные организмы антропогенного стресса в виде тяжелых металлов выдержать не могут. Чувствуете, чем снова запахло? Да, я снова о смерти. Именно для этого промежуточного вывода и были написаны два абзаца про тяжелые металлы, которые можно назвать самыми главными убийцами среди всех элементов Периодической системы Менделеева. На их счету не одно преступление против человечества, как в глобальном смысле, когда мы говорим о загрязнении больших территорий нашей планеты, так и в локальном, можно сказать, личностном, когда речь идет о конкретных жертвах среди людей. Хорошим примером может стать известный нам еще с древних времен Pb. Им травились еще во времена Римской империи, когда строили водопровод со свинцовыми трубами (Delile et al., 2017). Естественно, Pb попадал таким образом в воду, которую пили жители великого государства. Свинцом травились большие любители вина вплоть до конца XIX века, ведь ацетат Pb добавляли в этот алкогольный напиток для подслащивания и консервации. Известны случаи, когда люди гибли от отравления свинцом, который попал в их пищу из припоев консервных банок. Чаще всего такие жертвы встречались среди путешественников, которым и без того приходилось несладко, потому что путешествие — это само по себе стресс, а тут еще и свинцовый «подарок» (Слуковский, 2019б). В медицине отравление Pb называют «сатурнизмом» (от лат. saturnus (по имени планеты)). На сегодняшний момент сатурнизм — это самый распространенный вид отравлений тяжелыми металлами.

Свои персональные названия отравлений имеет не только Pb, но также ртуть (Hg) и кадмий (Cd) — не менее опасные тяжелые металлы (Зилов, 2006). Болезнь, вызванную отравлением Hg, именуют болезнью Минаматы, потому что впервые ее обнаружили и описали у жителей японского города Минамата в 1956 году. Причиной отравления людей стала деятельность химического завода компании Chisso, сбрасывавшего ядовитые отходы в море, где металл поглощали морские животные, которых употребляли в пищу местные жители (Harada, 1995). В ходе исследования было установлено, что кроме Hg завод сбрасывал и отравлял море также соединениями Pb, As, Mn, Se и Tl. Недуг, связанный с отравлением Cd, называется «итай-итай», и он тоже родом из Японии. Добыча кадмиевых руд в префектуре Тояма привела к загрязнению этим металлом вод реки Дзиндзу, которая использовалась для орошения рисовых полей и хозяйственных нужд. Через рис и рыбу Cd стал попадать в организм местных жителей, что заметно сказалось на их здоровье. Основные проявления болезни — сильные боли в суставах и позвоночнике, отчего и произошло название болезни, так как в переводе с японского «итай-итай» означает «ой-ой, больно». Кроме того, у больных часто обнаруживались остеопороз (низкая минерализация костной ткани) и почечная недостаточность, которая часто заканчивалась смертью несчастных страдальцев. Таким образом, и тут, в случае с тяжелыми металлами, которые мы изучаем в ходе наших эколого-геохимических исследований озер, — они убивают, они несут смерть, а значит наша, с коллегами лимнология во всех отношениях пропитана этим словом, не самым любимым многими из нас.



Фотоэкспозиция в мемориале в память о жертвах отравления ртутью в городе Мейсей (Япония)

Что в итоге?

Подводя небольшой итог написанному, хочу еще раз тезисно пройти по всем пунктам. Во-первых, работа лимнолога, человека, часто пребывающего на воде, опасна по определению. С водой шутки плохи. Об этом еще в шутиливой советской песне про пива пелось: губит людей оно. Во-вторых, даже если соблюдать все меры безопасности (что мы всегда с коллегами и делаем), о смерти нам всегда напоминают те или иные печальные истории, связанные с изучаемыми озерами. О некоторых из этих историй мы узнаем от местных жителей, о некоторых — из новостей. Кроме того, тема озер или других водных объектов близка криминалу, особенно когда нужно замести следы, будь то фильм или реальная ситуация. В-третьих, отложения озер, которые стали моими главными объектами исследования, — это ни что иное как отмершие остатки растений и животных. В отдельных случаях частью озерного дна — и впоследствии сапропелем — может стать любой из нас, а кто-то, само собой, уже стал. «Ибо прах ты и в прах возвратишься», — говорится в Библии. Так что не переживайте, все там будем. И, в-четвертых, смертью пронизана сама идея происхождения термина «тяжелых металлов», без исследования которых сейчас не обойтись ни в какой науке. Свинц, кадмий, ртуть, сурьма, никель, ванадий — грозное оружие в руках человечества против природы и самого же человечества как части природы. Можно сказать, своеобразные всадники Апокалипсиса, имена которым Сатурнизм, Минамата, Итай-Итай и другие, которые еще только предстоит придумать науке. ♦