

АКТУАЛЬНО

Байкал: экология прибрежной зоны

Эта статья является продолжением серии материалов о результатах изучения экологического состояния прибрежной зоны озера Байкал, проводимого в Лимнологическом институте СО РАН.

В сентябре 2013 года в дирекцию ЛИН СО РАН поступило официальное письмо из Департамента Росприроднадзора по Сибирскому федеральному округу (Новосибирск), сообщающее об «...обнаружении обширного загрязнения акватории озера Байкал и побережья в районе Северобайкальска». Директором института академиком М. А. Грачёвым было принято решение об организации и проведении трёх экспедиций в указанный район озера для изучения создавшейся ситуации и выяснения её причин.

Экспедиции состоялись в сентябре-октябре 2013 года на научно-исследовательских судах ЛИН СО РАН за счёт средств института. Последняя экспедиция (октябрь) проведена совместно с представителями Росприроднадзора и Байкальской транспортной прокуратуры (г. Северобайкальск). Параллельно исследованиям проведен опрос местных жителей о создавшейся ситуации. За два последующих месяца лимнологами проанализировано несколько сотен гидробиологических, микробиологических и гидрохимических проб из этого района, а также проведён анализ гидрохимических и микробиологических показателей очищенных сточных вод Северобайкальска, сбрасываемых в приустьевой участок реки Тья.

По результатам опросов и анализам проб создавшуюся экологическую ситуацию следует признать чрезвычайной. Основные её признаки сводятся к следующему. На участке северо-западного побережья северной оконечности Байкала наблюдаются гигантские береговые скопления органического материала; их длина может достигать нескольких сотен, ширина — более 10 метров. Скопления образовывались с июня по октябрь и издавали зловонный запах. Общая длина загрязнённого участка побережья составляла более 10 км, а запасы отложений по состоянию на сентябрь-октябрь 2013 года оценены примерно в 1400 тонн. Местные жители сообщают, что подобная картина стала наблюдаться в этом районе начиная с 2010 года в прогрессирующих масштабах. В результате этого люди не могут использовать прибрежную байкальскую воду в пищевых целях (её отказывается пить даже скот), а берут её из расположенных в прибрежной зоне водоёмов либо вынуждены бурить скважины. На побережье расположены санатории, базы отдыха, детские лагеря, но в связи с создавшейся обстановкой их деятельность ограничена либо приостановлена.

По первоначальной версии, выдвинутой Росприроднадзором и жителями окрестных населенных пунктов, эти скопления могут представлять собой стоки с иловых карт очистных сооружений Северобайкальска. По результатам микроскопического анализа, проведённого в Лимнологическом институте, установлено, что на самом деле это выброшенные на берег и загнивающие остатки ранее несвойственных для Байкала водорослей рода спирогира (*Spirogyra*). Обследование дна при помощи драг с научно-исследовательских судов позволяет утверждать, что массовое цветение водорослей наблюдается вдоль всей мелководной зоны в диапазоне глубин от уреза воды до 10 и более метров, а область их обнаружения простирается вплоть до губы Оночанская (до 20 км северо-западнее Северобайкальска). Визуальное обследование побережья северной котловины озера показало, что гигантские скопления отмирающих водорослей приурочены к устью реки Тья, а также к 10-километровой прибрежной зоне, простирающейся в северо-западном направлении от устья. Установлено, что расположение скоплений хорошо совпадает с направлением течений, преобладающих в данном районе Байкала. Участок побережья от Нижнеангарска до Северобайкальска свободен от каких-либо береговых скоплений водорослей.

Сотрудниками института также выявлены значительные отличия в степени обрас- тания нитчатыми водорослями приустьевых



участков самой реки Тья, расположенных выше и ниже сброса сточных вод. Дно реки выше сброса было практически свободно от водорослей, в то время как все без исключения прибрежные камни, расположенные ниже трубы сброса, полностью покрыты водорослевыми обрастаниями, состоящими в том числе и из спирогиры. Участок дна, непосредственно примыкающий к району сброса сточных вод, оказался примерно поровну разделен на правую, «чистую», и падающую под влияние сточных вод левую, «загрязнённую», половины.

Таким образом, появилось предположение, что сточные воды вызывают аномальное разрастание водорослей. Но возникает вопрос: что именно в стоках приводит к этому эффекту и почему такого не наблюдали раньше? Для ответа на этот вопрос сотрудники ЛИН провели многочисленные гидрохимические анализы. Оказалось, что содержание биологически доступного фосфора (в виде фосфатов) в устье Тьи составляет 0,04 у левого берега и 0,027 мг/л в центральной части реки, что как минимум в 13 и 9 раз больше значений, наблюдаемых в реке выше точки сброса сточных вод с очистных сооружений. Аналогичная ситуация выявлена для нитритов и анионных синтетических поверхностно-активных веществ (АСПАВ, основной компонент стиральных порошков и многих моющих средств).

Официальная проверка качества очистки сточных вод Северобайкальска, проведённая сотрудниками института по просьбе Росприроднадзора и Байкальской транспортной прокуратуры (в присутствии их представителей), проходила всего лишь в течение четырёх дней. Естественно, что этих данных недостаточно, чтобы представить реальную картину объёма сбросов каждого химического вещества за период 2010—2013 годов. Необходимо знать точные концентрации этих веществ, ежемесячно сбрасываемых в Тью на протяжении трёх лет. И всё же полученные учеными сведения весьма иллюстративны.

Так, химический анализ очищенных сточных вод, сбрасываемых в реку с очистных сооружений Северобайкальска, выявил превышение нормативов предельно допустимых воздействий на уникальную экологическую систему озера Байкал (Приказ Минприроды России от 5 марта 2010 г. № 63): концентрация минерального фосфора в 5—6 раз, аммония в 1,6—3 раза, нитритов в 6,512 раз, нитратов в 48—55 раз, АСПАВ в 12 раз, калия в 2,4 раза, натрия в 4,7—5 раз, хлоридов в 7—8 раз, сульфатов в 1,5 раза.

Используя средние значения содержаний компонентов в очищенных сточных водах, учёные рассчитали массу сбрасываемых веществ в реку Тья для разрешённого расхода сточных вод (2190 тыс. м³/год) и реального среднего многолетнего расхода за период 2010—2013 годов, оказавшегося равным 1064 тыс. м³/год. Полученные оценки указывают на то, что как при разрешенных объёмах сброса сточных вод в Тью, так и при средних многолетних (которые в два раза меньше разрешенных), количество сбрасываемых

веществ по большинству компонентов превышает нормативы, установленные для Северной котловины Байкала. Сотрудниками ЛИН подсчитано, что при текущих объёмах сброса сточных вод в реку Тья масса загрязняющих веществ, ежегодно поступающих в Байкал, в наибольшей степени превышает нормативы по нитратам — в 25 раз. Превышение нормативов по другим компонентам уменьшается в следующем порядке: АСПАВ — 5,3 раза, нитриты — 4,2 раза, хлориды — 3,6 раза, натрий — 2,2 раза, минеральный фосфор — 2,2 раза, калий — 1,2 раза.

Общая длина загрязнённого участка побережья Байкала составляла более 10 км, а запасы отложений оценены примерно в 1400 тонн.

Итак, установлено, что в Тью и далее в Байкал сбрасывается недопустимо большое количество фосфатов и, что не менее важно, азота (аммоний, нитраты и нитриты). Как известно любому человеку, хотя бы просто интересующемуся сельским хозяйством, внесение азотных удобрений существенно усиливает рост растений. Именно это мы и видим в зарастающих водорослями прибрежных водах Байкала. Но остаются вопросы — а почему этого не было раньше? Что случилось? И лимнологи пошли на городские очистные сооружения.

Очистка бытовых и промышленных стоков включает ряд стадий; основными являются отстаивание, фильтрование, действие химических реагентов, биологическая очистка. С начала прошлого века на очистных сооружениях широко используется активный ил, представляющий собой совокупность бактерий и низших многоклеточных организмов. Живые организмы в активном иле специально подобраны таким образом, что они могут использовать загрязнение в воде в качестве пищи. Органические вещества они разлагают на углекислый газ и воду, азот и фосфаты используют для собственного роста. Таким образом, активный ил очищает загрязнённую воду. При накоплении избытка массы ила её удаляют, сушат и используют в качестве удобрения или добавки в строительные материалы.

Проверка состояния активного ила на очистных сооружениях Северобайкальска ЛИНОм подтвердила сведения сотрудников этих сооружений о плохом, угнетённом состоянии ила. Причина повышенного содержания азота и фосфора в стоках стала ясной — если ил «болеет», а периодически почти погибает, то соединения азота и фосфора не задерживаются очистными сооружениями. Но почему проблемы с активным илом возникли лишь в последние годы?

Очевидно, что если живые организмы в активном иле начали погибать, значит, появился некий новый фактор в сточных водах, убивающий их. Анализ источников сточных вод, поступающих на очистные сооружения Северобайкальска, показал, что промышленные стоки, поступающие от помывки вагонов и локомотивов в депо города Северобайкальска, время от времени проникали на очистные сооружения, а затем попадали на установку для биологической очистки.

В результате комплексной проверки Рос-

природнадзора, Байкальской транспортной прокуратуры при участии сотрудников института выявлено, что примерно с 2009—2010 годов вагонное депо города вместо обычных моющих средств типа бытовых стиральных порошков (данные опроса бывших работников станции) стало употреблять для помывки поездов средства с усиленной бактерицидностью типа «Рейс», «Астат», «Локомотив» и др. Преимущество этих средств в том, что наряду с моющими компонентами они содержат сильные бактерицидные добавки, в частности соли полигексаметиленгуанидина (ПГМ), которые убивают «все известные микробы». ПГМ относительно безвреден для людей и животных, его можно использовать для обеззараживания питьевой воды вместо хлора, но, в отличие от того же хлора, ПГМ не удаляется из воды отстаиванием и, попадая на активный ил, убивает его.

Развитие спирогиры в чем-то похоже на вселение в Байкал нового биологического вида, а этот процесс неоднократно наносил экологический и экономический ущерб экосистемам многих водоёмов.

Нас приятно удивили высокая квалификация, энтузиазм и добросовестное отношение к своим обязанностям со стороны руководителей и сотрудников дирекции по тепловодоснабжению и станции очистных сооружений РЖД Северобайкальска. В условиях дефицита финансирования и поставок материалов и оборудования они не только регулярно информировали вышестоящие органы о ненормальной ситуации с активным илом на очистных сооружениях, неоднократно возникавшей на протяжении 2012—2013 годов, но самостоятельно ставили эксперименты по выяснению причин его угнетения!

Так, опыты с неочищенными сточными водами самого Северобайкальска, проведённые в лаборатории станции очистных сооружений этого города, показали, что они не угнетают деятельность активного ила очистных сооружений. Наоборот, опыты с растворами неочищенных промышленных сточных вод вагонного депо и растворами использующихся там моющих средств, проведённые в Северобайкальске (станции очистных сооружений) и Иркутске (ЛИН СО РАН), дали сходные результаты и показали их токсичность для обитателей активного ила. Следовательно, каждый «залповый» сброс промышленных стоков приводил к тому, что их биологическая очистка на длительное время становилась неэффективной.

Например, в 2012 году сотрудники станции очистных сооружений Северобайкальска насчитали более 50 подобных «залповых» выбросов! Один лишь этот факт может означать, что в течение всего года активный ил станции очистки был по крайней мере угнетён (возможно, временами — уничтожен) и просто не мог функционировать в полной мере. При этом в Байкал наряду с неорганическим фосфором (который сбрасывался очистными сооружениями до запуска деятельности по помывке тепловозов и вагонов с момента строительства станции в начале 1980-х годов) в этот период стали поступать значительные количества биологически усваиваемого азота в форме аммиака и нитратов. Воды реки Тья, обогащенные этими биогенными элементами (и фосфором, и азотом), вытекая из устья, прижимаются течением к северо-западному берегу Байкала и вызывают бурное развитие на мелководье нитчатых водорослей рода спирогира. Во время штормов они отрываются от камней и выбрасываются на берег, образуя большие скопления на протяжении 7—10 км побережья, и подвергаются гниению, что создает неудобства для местных жителей и вызывает их обоснованное беспокойство.

При анализе химического состава очищенных сточных вод Северобайкальска выявлено множество нарушений существующих нормативов, как установленных Законом о Байкале, так и выработанных Министерством природных ресурсов Республики Бурятия.



АКТУАЛЬНО

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ

Однако особое удивление вызвали следующие факты. Согласно исходному проекту, вагонное депо Северобайкальска имеет собственную, локальную систему очистки промышленных сточных вод. Как оказалось в результате проверки, эта система не работала. Более того, неизвестно, с какого времени какими-то лицами было принято решение о подключении системы промышленных сточных вод вагонного депо к городской канализации бытовых стоков Северобайкальска. Естественно, что станция очистных сооружений к такому «новшеству» оказалась не готовой и не была приспособлена изначально. Наверняка это решение было принято без экологической экспертизы, а возможно, и вообще без всякого проекта.

Лимнологический институт располагает хорошо оборудованными химическими и микробиологическими лабораториями, а также высококвалифицированными кадрами биологов и химиков-аналитиков, которые могут провести комплексную экспертную оценку любых чрезвычайных экологических ситуаций, возникающих на озерах, однако не является учреждением, способным проектировать сооружения для очистки сточных вод. Следовательно, для того чтобы проверить наши выводы и предложить решение проблемы, нужно было бы пригласить специалистов (профессионалов) из России или из-за рубежа. Очевидно, что выбор второго пути будет сопряжён с большими расходами и потребует длительного времени. Нельзя допустить, чтобы в этот период продолжалось крупномасштабное и очевидное загрязнение Байкала.

Само по себе массовое развитие спирогиры вблизи береговой линии Байкала, на первый взгляд, не создает большой угрозы озеру, так как пока захватывает 15—20 км прибрежной зоны Северной котловины. Это пока весьма «мягкий» ответ экосистемы озера на загрязнение. Однако не следует забывать, что заросли спирогиры на рассматриваемом большом участке уже изменили существовавшую в течение многих тысячелетий поясность водных растений (макрофитов). В мелководной зоне происходит важнейший этап жизни широко распространенной в Байкале эндемичной рыбы желтокрылки, которая является важным компонентом питания омуля. Нельзя исключить, что в конечном итоге начавшаяся эвтрофикация прибрежной зоны может привести к значительной перестройке не только прибрежной части Байкала, но и всего озера. Развитие спирогиры в чем-то похоже на вселение в Байкал нового биологического вида. Вселение новых видов неоднократно наносило экологический и экономический ущерб экосистемам многих водоёмов, например, таких как Великие озера Северной Америки, Бива (Япония), Охрид (Македония).

В заключение следует отметить: совершенно неприемлемо, что многие из мощных средств, через промышленные сточные воды попадающих в очистные сооружения Северобайкальска, прошли проверку только на наземных животных. Как свидетельствуют гигиенические сертификаты некоторых применяющихся в вагонном депо этого города моющих средств, их токсичность на гидробионтах и, что особенно странно, их токсичность в отношении активного ила очистных сооружений не были проверены. Поэтому мы считаем, что до проведения реконструкции очистных сооружений следует запретить или существенно ограничить использование на предприятиях Северобайкальска моющих и дезинфицирующих средств, содержащих полигексаметиленгуанидин и другие бактерицидные вещества. В качестве временной меры, вплоть до запуска модернизированных очистных сооружений депо и самого города, директор Лимнологического института академик М.А. Грачёв предлагает вывозить промышленные стоки Северобайкальска за пределы центральной экологической зоны озера Байкал. Причём проекты модернизации очистных сооружений обязательно должны быть подвергнуты тщательной экологической экспертизе.

О. Тимошкин, М. Сакирко, В. Анненков, Е. Чебыкин, А. Непокрытых, Е. Зайцева, Н. Шевелева, А. Лукнев, В. Мальник (ЛИН СО РАН), Е. Иванов (Департамент Росприроднадзора по Сибирскому федеральному округу, г. Новосибирск)

Новые миры сварки

Казалось бы, что может быть прозаичнее сварки? Но это заблуждение: сварка — это целый неизведанный мир, который постоянно приходится открывать, совершать в нём такие прорывы, о которых полвека назад можно было написать лишь в фантастическом романе.

По этой тематике Институт физики прочности и материаловедения СО РАН объединяют давние и плодотворные связи с одним из общепризнанных лидеров на постсоветском пространстве — Институтом электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины. Уже на протяжении ряда лет совместно они успешно участвуют в различных интеграционных проектах и грантах РФФИ.

В последней декаде мая в Томск, в ИФПМ СО РАН, прибыли украинские учёные (что очень символично в нынешней непростой политической ситуации) — главный конструктор института Владимир Лебедев и руководитель отдела Сергей Максимов. На встрече с директором института членом-корреспондентом РАН С.Г. Псахье они обсудили перспективы сотрудничества Института физики прочности и материаловедения СО РАН с Институтом электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины в различных направлениях.

Важно отметить, что уже сегодня два проекта ИФПМ СО РАН по направлению, которое касается освоения Арктики, поддержаны Президиумом РАН в рамках программы «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны РФ». Это проект академика В.Е. Панина «Наноструктурирование и модификация поверхностных слоёв ответственных узлов машин, механизмов и сварных соединений с целью повышения их хладостойкости и коррозионной стойкости» и д.т.н. Ю.Н. Сараева «Разработка научных основ повышения эксплуатационных свойств металлоконструкций, используемых в условиях низких температур и арктических льдов, применением адаптивной импульсно-дуговой сварки, модифицирования и механической обработки зон неразъемных соединений».

Во время визита в ИФПМ украинские учёные внимательно ознакомились с исследованиями лаборатории, которая совместно с Томским политехническим университетом и Ракетно-космической корпорацией «Энергия» им. С.П. Королёва осуществляет разработку технологии неразрушающих методов контроля надежности сварных соединений ракетно-космической техники нового поколения, полученных сваркой трением с перемешиванием. В настоящее время этот

комплекс включает в себя шесть различных видов контроля, которые позволяют обнаружить мельчайшие дефекты. Проект выполняется в рамках постановления Правительства РФ № 218.

— В числе приоритетных исследовательских задач, которые нам предстоит решить, отметим совершенствование уникальных, единственных в мире технологий, позволяющих улучшить качество самой сварки трением с перемешиванием, — отметил Евгений Колубаев, зав. лабораторией.

Гости приняли участие в работе научно-технического семинара, приуроченного к 30-летию института, и международной научно-технической конференции «Инновационные технологии и экономика в машиностроении» (г. Юрга).

— В настоящее время особое значение приобретают поисковые исследования, направленные на повышение надежности технических систем, эксплуатируемых в условиях Арктического шельфа и прибрежной зоны Крайнего Севера. В Институте электросварки НАН Украины и Институте физики прочности и материаловедения СО РАН на протяжении многих лет успешно выполняются научные исследования в этом направлении. В основном это разработка новых технологий сварки и наплавки, обеспечивающих значительное повышение надежности крупногабаритных металлоконструкций, что имеет исключительно большое значение для индустриального развития Арктической зоны и Крайнего Севера, — отметил Юрий Сараев.

В ИФПМ СО РАН приоритетны работы по созданию сварочного оборудования, способного обеспечить стабильность энергетических параметров сварочного процесса в условиях экстремально низких температур, влияющих на целый комплекс показателей (надежность и усталостную прочность). Другое значимое направление исследований, развивающихся в институте — оригинальные подходы в сфере создания особых свойств поверхности с использованием композиционных материалов.

В ИЭС НАН Украины выполняется комплекс работ, охватывающий ряд научных проблем, связанных с совершенствованием про-

цессов сварки и наплавки. За годы исследовательской работы украинские учёные создали целый ряд уникальных технологий, которые применяются во всем мире. Одна из них — подводная сварка: горение дуги осуществляется в так называемом подводном пузыре (с использованием специального снаряжения на глубине до 150 метров). Такой вид сварки применяется в чрезвычайных ситуациях, возникающих с судами, трубопроводным транспортом.

В ходе визита украинских коллег была достигнута договоренность об осуществлении совместных работ по созданию источника питания с импульсным алгоритмом управления (ИФПМ СО РАН) и сварочных полуавтоматов с импульсным механизмом подачи электродной проволоки (ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины). Такой прибор — это качественно новый комплекс оборудования, объединяющий наиболее передовые разработки учёных двух стран, способный обеспечить очень высокий уровень надёжности работы сварных металлоконструкций, в том числе и в условиях Крайнего Севера.

На украинских учёных произвело большое впечатление знакомство с работами их сибирских коллег. «Очень важно, что здесь на основе фундаментальных разработок ведутся исследования, которые имеют важное прикладное значение для развития промышленности и отечественного бизнеса. В ИФПМ имеется современное дорогостоящее оборудование, которым наш институт не располагает. Хотелось бы активизировать наши совместные исследования с использованием вашей приборной базы, — отметил С.Ю. Максимов, руководитель отдела ИЭС НАН Украины. Главного конструктора В.А. Лебедева поразила такая форма организации научной деятельности как центры коллективного пользования, в которых собрано наиболее современное, высокотехнологичное оборудование. «Мне бы хотелось, чтобы такие эффективные центры появились и на Украине», — подчеркнул он.

Этот визит стал лишь одним из этапов долгосрочного сотрудничества, который позволил наметить дальнейшие «точки роста» в освоении новых миров сварки.

Ольга Булгакова, г. Томск

Центр польской науки и культуры при ГПНТБ СО РАН: первые шаги

С момента открытия в ноябре 2013 года при ГПНТБ СО РАН Центра польской науки и культуры им было организовано уже три мероприятия.

Следует отметить, что все они прошли при непосредственном участии представителей польских партнёрских организаций Центра — доктора Эвы Нофиков (Филологический университет в Белостоке) и магистра Анны Козял (Институт иностранных языков Государственной высшей профессиональной школы в Новом Сонче). В 2013/2014 учебном году они находились в Новосибирске в качестве преподавателей польского языка от Министерства науки и высшего образования Республики Польша и с самого открытия Центра активно с ним сотрудничали.

Первым мероприятием, прошедшим в декабре 2013 года, был Рождественский конкурс на знание языка, истории и культуры Польши, адресованный студентам, аспирантам и старшеклассникам. В нём приняли участие представители Новосибирского государственного технического университета, Новосибирского государственного педагогического университета, Академии гуманитарных наук им. А. Гейштора, а также учащиеся 10 класса Средней общеобразовательной школы № 186.

Встречей с польской наукой стала лекция доктора Эвы Нофиков «Что случилось с польским карнавалом?». Её рассказ об истории карнавала в Польше получился очень живым и увлекательным, сопровождался показом слайдов и видеоматериала о том, как выглядит одна из современных локальных форм карнавала — традиция «Казни смерти» в Едлиньске — сельской гмине вблизи

города Радом. Весьма познавательной была информация о том, как в зависимости от меняющихся социально-политических условий в Польше происходила трансформация празднования карнавала на протяжении пяти веков — с XVI века до настоящего времени. Лекция проходила по-польски, однако послушать её пришли не только те, кто знает язык, но и те, кто просто интересуется польской культурой.

Третья встреча с польским языком и культурой состоялась в Центре 21 мая 2014 года. Идея провести мероприятие в форме веселого конкурса принадлежала Эве Нофиков и Анне Козял, которые перед возвращением в Польшу таким образом хотели познакомиться со своими учениками, коллегами, друзьями и знакомыми. Название и девиз этого конкурса — «С польским по жизни». И хотя конкурс был шутивным, задания требовали вполне серьёзных знаний польского языка и культуры от участников, которыми были представители Культурно-просветительской организации «Дом польский» в Новосибирске, студенты и выпускники новосибирских вузов, а также сотрудники ГПНТБ СО РАН — занятия польским языком с ними в течение двух лет проводила Анна Козял. Без наград не остался никто: в качестве призов от Центра польской науки и культуры победители получили книги польских писателей, а все участники — сувениры из Польши от наших преподавателей.

В планах Центра на 2014 год: подготовка выставок литературы и виртуальных выста-



вок, организация новых встреч с польской наукой и культурой. В помещении, специально выделенном дирекцией библиотеки для Центра, в скором времени появятся на полках около 300 книг — научных и научно-популярных изданий на польском языке, представленных Генеральным консульством Республики Польша в Иркутске. Информация о готовящихся мероприятиях Центра будет размещаться на его интернет-странице на сайте библиотеки: <http://www.spsl.nsc.ru/resursy-i-uslugi/centr-polskoj-nauki-i-kultury/>

Центр польской науки и культуры при ГПНТБ СО РАН приглашает к сотрудничеству все заинтересованные организации, студентов, аспирантов, преподавателей и учёных из научно-образовательных учреждений Новосибирска и других регионов.

И.С. Трояк, координатор Центра польской науки и культуры при ГПНТБ СО РАН, к.и.н.