

## ЭКСПЕДИЦИЯ ВОЗВРАЩАЕТСЯ

# Радиоэкологические исследования реки Енисей

25 июля исполнилось 60 лет доктору биологических наук, заведующему лабораторией радиоэкологии Института биофизики СО РАН Александру Яковлевичу Болсуновскому. Александр Яковлевич является одним из инициаторов и лидером радиоэкологических исследований на реке Енисей. Его командой получен целый ряд важнейших для мировой науки результатов. Юбилей — замечательный повод рассказать о некоторых из них.

В начале 80-х годов во время экспедиционных исследований реки Енисей учёные предупреждали, что при прохождении корабля на участке реки с 80 км от Красноярска и далее всем нужно находиться в каютах и спрятать свои фотоаппараты — иначе экспедицию ждёт суровое наказание. Учёные — народ любопытный, и все украдкой поглядывали в иллюминаторы, пытаясь разглядеть, что за секреты спрятаны на берегу Енисея. Но всех ждало разочарование: обыкновенные железная и автомобильная дороги, отдельные небольшие здания и большие трубы. Ветераны экспедиций таинственно сообщали, что здесь, под землей, спрятан большой секретный город. И только летом 1989 года сотрудники Института биофизики СО РАН Андрей Георгиевич Дегерменджи (ныне директор института) и Александр Яковлевич Болсуновский, приглашённые на одно из заседаний экспертной комиссии, узнали, что этот подземный «город» называется Горно-химический комбинат (ГХК), и там работают три ядерных реактора и другие предприятия ядерного оружейного комплекса.

Конечно, обороноспособность России должна быть обеспечена, это неоспоримый факт. Но впоследствии учёные узнали, что плата за обороноспособность оказалась высокой и привела к радиоактивному загрязнению реки Енисей на тысячи километров. Миллионы кубометров радиоактивных отходов ГХК были закачаны под землю, часть хранится в открытых бассейнах, и всё это на берегах одной из крупнейших рек мира. Александр Болсуновский, физик по образованию, тогда ещё кандидат физико-математических наук, имел опыт работы с радиоизотопами и представлял опасность попадания радионуклидов в водную экосистему. Он активно включился в полемику с работниками ГХК и учёными-атомщиками, отстаивал запрет не только строительства новых ядерных объектов на берегу реки, но и закрытие действующих реакторов и прекращения сбросов радионуклидов в Енисей.

Летом 1995 года руководство ГХК и Института биофизики СО РАН принимают решение провести первую совместную экспедицию на реку Енисей, чтобы учёные смогли убедиться в том, что после остановки (в 1992 году) двух из трёх реакторов на ГХК радиоэкологическая обстановка улучшилась. Но атомщики не ожидали, что радиоэкологи во время экспедиции обнаружат на берегах реки так называемые «горячие» частицы, которые ранее обнаруживали только вблизи Чернобыльской АЭС. Независимая экспертиза этих частиц в других институтах Российской академии наук подтвердила их реакторное происхождение. Эти частицы были похожи на чернобыльские частицы по радионуклидному составу и высокой радиоактивности, но попали в Енисей из красноярского секретного завода. Вот уже почти 20 лет эти частицы обнаруживаются на реке Енисей не только сотрудниками Института биофизики СО РАН, но и других институтов РАН.

Частицы свидетельствуют о неоднократных «неизвестных» авариях на ГХК. Последствия этих секретных выбросов представляют опасность для населения и экологии реки. Результаты этих исследований опубликованы во многих престижных российских и международных журналах. Важность и уникальность работ Александра Болсуновского и его команды в области исследования радиоактивных частиц Енисея недавно была подтверждена грантом Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ, Австрия).

Не только «горячие» частицы принесли Александру Яковлевичу известность в научной среде. После защиты докторской диссертации в 1999 году и открытия лаборатории радиоэкологии в структуре Института биофизики СО РАН он активно продолжил исследования по оценке миграционной способности трансурановых элементов. Для современной биосферы эти элементы являются новыми, так как они образуются в ядерных реакторах. При этом многие из них могут иметь огромные времена жизни (тысячи и миллионы лет). Подобные трансурановые элементы были обнаружены сотрудниками лаборатории радиоэкологии в различных экосистемах бассейна реки Енисей, в зоне влияния сбросов ГХК. Изотопы плутония, америция, нептуния и кюрия были обнаружены не только в пробах почвы и донных отложений реки, но и в водной растительности и в ягодных кустарниках.

Лабораторные эксперименты с внесением трансурановых элементов в водные микроскопы показали высокие коэффициенты накопления радионуклидов разными видами водных растений, зоопланктона и ихтиофауны. Это противоречит устоявшемуся мнению, что трансурановые элементы не накапливаются живыми организмами, так как не имеют биогенных элементов-аналогов. После остановки третьего реактора ГХК в 2010 году техногенные радионуклиды в воде Енисея по данным мониторинга почти не обнаруживаются. Руководство ГХК заявляет, что теперь комбинат не оказывает никакого влияния на Енисей. Но в кернах донных отложений и пойменных почв по данным мониторинга лаборатории радиоэкологии накоплены высокие активности техногенных радионуклидов, в том числе трансурановые элементы.

Согласно официальной позиции эти радионуклиды захоронены в глубоких слоях почвы надолго (если не вечно) и безопасны. Но регулярные паводки на Енисее приводят к тому, что донные отложения вместе с радионуклидами поднимаются со дна и перемещаются на большие расстояния, выбрасываются на берег и создают новые пятна радиоактивного загрязнения. Под руководством Александра Болсуновского было установлено, что разные радионуклиды в донных отложениях реки имеют разную миграционную способность и даже при отсутствии больших паводков могут выходить в воду из донных отложений.

Результатами по разной миграционной способности радионуклидов в экосистеме Енисея давно заинтересовались швейцарские учёные, и вот уже более 15 лет Институт биофизики СО РАН получает финансовые контракты Правительства Швейцарии на радиоэкологические исследования. Оказалось, что в донных отложениях некоторых швейцарских озёр содержатся радионуклиды Чернобыльской аварии, которые представляют опасность для экосистемы озёр. Результаты работ красноярцев на реке Енисей как полигоне позволяют швейцарцам принять объективное решение о радиационной безопасности населения.

Многие годы в лаборатории радиоэкологии в рамках интеграционных проектов СО РАН активно развиваются методы биоиндикации и биотестирования. Совместно с учёными Института леса СО РАН под руководством д.б.н. Муратовой Е.Н. было обнаружено многократное увеличение хромосомных нарушений водных растений в районе влияния радиоактивных сбросов ГХК по сравнению с контрольными районами. Этот эффект продолжает регистрироваться и после остановки последнего ядерного реактора ГХК в 2010 году.

В марте 2011 года в результате аварии на АЭС Фукусима (Япония) в атмосферу поступила активность техногенных радионуклидов. Первые публикации свидетельствовали, что радионуклиды аварии впервые были обнаружены в США, затем в странах Европы (Греции и Германии). Высокий уровень аналитического оборудования лаборатории радиоэкологии Института биофизики СО РАН позволил в апреле-мае 2011 года в пробах свежеснеженных осадков (снега и дождя), а также в пробах сосны (*Pinus sylvestris*) в окрестностях Красноярска зарегистрировать три основных радионуклида аварии на АЭС Фукусима —  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Эти данные впервые среди российских и зарубежных исследователей подтвердили, что радиоактивное облако, обогнув весь земной шар, прибыло и на Азиатский континент.

Летом 2012 года в новых побегах сосны был зарегистрирован изотоп  $^{134}\text{Cs}$ , что свидетельствует о переходе аварийных изотопов цезия из веток в побег. Проведённые расчёты показали, что максимальный вклад аварийных изотопов цезия над фоновым содержанием цезия в пробах сосны Красноярского края увеличился в два-три раза. Конечно, это очень низкие концентрации радионуклидов, не превышающие по уровню радиоактивности российские нормы безопасности. Однако потенциальная опасность накопленных радионуклидов фукусимской аварии остаётся. Она может проявиться при пожарах, когда в золе происходит увеличение содержания радионуклидов в 30—60 раз. Опубликованные Александром Болсуновским с к.б.н. Д.В. Деметьевым в конце 2011 года данные о фукусимских выпадениях в Сибири в авто-



ритетном журнале «Journal of Environmental Radioactivity» вызвали большой интерес учёных всего мира. Всего лишь за год эта статья была процитирована более чем в 30 зарубежных публикациях.

В начале сентября 2013 года лаборатория радиоэкологии провела очередную международную экспедицию на реку Енисей. Красноярские радиоэкологи совместно с учёными Швейцарии и Германии исследовали экосистему реки на расстоянии около 1000 км от Красноярска. К сожалению, подобные исследования не всегда приветствуются официальными лицами или представителями промышленного лобби. Но настоящие учёные выше политики и сиюминутных соображений бизнеса или власти. Радиоэкологические исследования реки Енисей нужны не только нам, они нужны нашим

потомкам, которые рано или поздно будут вынуждены исправлять последствия наших «неумелых» технологических прорывов. И тогда научный багаж, накопленный Александром Яковлевичем и его коллегами, будет востребован и оценен в полной мере.

Е. Задереев, ИБФ СО РАН

На снимках:

— слева направо: проф. Э. Клемент (Германия), д.б.н. А.Я. Болсуновский, академик А.Г. Дегерменджи во время экспедиционных исследований на р. Енисей; — д.б.н. А.Я. Болсуновский и проф. Э. Клемент (Германия) в лаборатории радиоэкологии ИБФ СО РАН; — справа налево: д.б.н. А.Я. Болсуновский, к.б.н. А.В. Пименов, д-р С. Роллин (Швейцария), проф. Э. Клемент (Германия), С.В. Косиненко в экспедиции в районе устья р. Курейка (Полярный круг).