



# Наука в Сибири

ГАЗЕТА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК • ИЗДАЕТСЯ С 1961 ГОДА

24 августа 2017 года • № 33 (3094) • электронная версия: [www.sbras.info](http://www.sbras.info) • ISSN 2542-050X • 12+



## НЕФТЯНАЯ ГЕОФИЗИКА

стр. 5

ЧТО ТАКОЕ  
ОГНЕННЫЙ ВИХРЬ  
И ЗАЧЕМ ЕГО ИЗУЧАТЬ?

стр. 3

КОКТЕЙЛИ ИЗ  
БАКТЕРИОФАГОВ ЗАМЕНЯТ  
АНТИБИОТИКИ

стр. 6

«ЗЕЛЕННЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ  
И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ  
ВЕЩЕСТВА ИЗ ЛЕСНЫХ  
ОТХОДОВ

стр. 7

## НОВОСТИ

## НАЙДЕНЫ МЕХАНИЗМЫ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ НАСЕКОМЫМ БЫСТРО ВЫРАБАТЫВАТЬ УСТОЙЧИВОСТЬ К БАКТЕРИЯМ

Новосибирские ученые совместно с немецкими коллегами изучили, почему насекомые-вредители очень быстро перестают реагировать на биологические инсектициды, и выяснили, что в формировании устойчивости участвуют в числе прочих и эпигенетические механизмы. Результаты работы опубликованы в журнале *Virulence*.

Бактерии *Bacillus thuringiensis* используются для биологической защиты растений от насекомых-вредителей в сельском и лесном хозяйстве уже десятки лет. В отличие от химических, этот метод безопасен для окружающей среды, поэтому активно применяется в США, Европе и России. Для беспестицидных зон или тех, где производится органическая продукция, он практически обязателен. Кроме того, у бактерий *Bacillus thuringiensis* есть токсин, ген которого встраивают в трансгенные растения, чтобы они сами убивали вредителей.

Известно, что насекомые достаточно быстро формируют устойчивость к химическим инсектицидам. Раньше считалось, что с бактериями и грибами они этого делать не могут. Оказалось, наоборот, — вредители перестают реагировать на *Bacillus thuringiensis* буквально в течение нескольких лет. Группа исследователей из Новосибирского государственного аграрного университета, Университета Гиссена (Германия) и Института систематики и экологии животных СО РАН попыталась понять, с чем это связано. Работа велась в рамках гранта РФ №16-14-10067.

«Формирование устойчивости насекомых к данным бактериям активно изучается во всем мире. Установлено, что оно происходит за счет мутаций. Наша работа пионерская, в ней впервые показано: в этом процессе участвуют не только

мутации, но еще и эпигенетические механизмы — наследование без изменения ДНК, — рассказывает заведующий лабораторией биологической защиты растений и биотехнологии Новосибирского государственного аграрного университета доктор биологических наук Иван Михайлович Дубовский. — У насекомых повышается уровень ацетилирования гистонов, метилирования ДНК и появляются микроРНК, которые стимулируют изменения иммунной системы. Участие последней в формировании у вредителей устойчивости к бактериям мы доказали в прошлом году».

Эксперимент проходил на вошинной огневке — вредителе медоносных пчел и, по совместительству, одном из лучших модельных объектов в мире. Это насекомое может давать одно поколение за месяц и до десяти поколений за год. Ученые три года выращивали огневку в лаборатории, заражая каждое поколение бактериями *Bacillus thuringiensis*, и экспериментальная эволюция показала: вредителю удалось выработать устойчивость к бактериям буквально за 30 поколений.

«Чтобы попытаться затормозить скорость этого процесса, нужно использовать более современные методы защиты растений, чем те, что используются сейчас. Необходимо пересмотреть само понятие «биопрепарат». Он должен включать в себя не просто размноженные бактерии, но и различные добавки — например, иммуносупрессанты, — говорит Иван Дубовский. — Мы показали, что при заражении у насекомых моментально запускаются эпигенетические механизмы. Если мы заблокируем этот ответ, то сможем предложить био-препараты нового поколения и сделать трансгенные технологии более эффективными».

Соб. инф.

## РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ СИНТЕЗИРОВАЛИ И ПРОТЕСТИРОВАЛИ СОЕДИНЕНИЯ ПРОТИВ ВИРУСОВ ГРИППА

Ученые из Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН совместно с НИИ гриппа Министрства здравоохранения РФ (Санкт-Петербург) изучили молекулу камфецина, синтезированную на основе природного монотерпеноида — камфоры.

Серия работ, посвященных синтезу и изучению противовирусной активности новых веществ, опубликована в ведущих европейских журналах по медицинской химии: *Antiviral Research*, *European Journal of Medicinal Chemistry* и *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. Как утверждают специалисты, эта молекула проявляет широкий спектр противовирусной активности и, возможно, впоследствии способна стать настоящим лекарством против вирусов гриппа.

По словам старшего научного сотрудника НИОХ СО РАН кандидата химических наук Ольги Ивановны Яровой, камфора — природное соединение, одно из первых растительных метаболитов, выделенных человеком из растений в чистом виде. Камфора использовалась в медицине с древних времен и находит свое применение по сей день. Несмотря на то, что сама по себе камфора не проявляет противовирусных свойств, на ее основе ученым удалось синтезировать соединения, обладающие широким спектром противовирусной активности. Среди всех подобных веществ камфецин — продукт взаимодействия камфоры и аминокетона — оказался соединением-лидером благодаря низкой токсичности и высокой активности в отношении широкого спектра штаммов вируса гриппа (H1N1, H3N2, H5N2 и вируса гриппа В).

Активность получаемых веществ проверялась в несколько этапов. Сначала был проведен первичный скрининг: новосибирские ученые отправили их вирусологам НИИ гриппа в Санкт-Петербурге, где соединения протестировали *in vitro*, и выделили среди них наиболее активные. Затем проводились

эксперименты *in vivo*: животных заражали летальной дозой разных штаммов вируса гриппа, чтобы потом лечить их по определенному протоколу той или иной дозировкой противовирусного вещества. Примечательно, что новосибирскими учеными было синтезировано более 500 новых соединений на основе природных монотерпеноидов, но именно камфецин продемонстрировал наибольшую активность.

Говоря об этом результате, Ольга Яровая подчеркивает: проведена очень большая работа — в рамках программы «Фарма 2020» была получена поддержка государства на проведение доклинических исследований, что позволило создать и оптимизировать метод синтеза и наработать опытную партию нужного вещества. В кооперации с коллегами-фармакологами из Томска осуществлена проверка камфецина на наличие различных токсических эффектов, которые проявляются на животных. Разработан лабораторный регламент синтеза, изучена фармакокинетика и метаболизм. Совместно с сотрудниками факультета естественных наук и медицинского факультета Новосибирского государственного университета выполнено исследование распределения действующего вещества и его метаболитов по органам животных. Кроме того, изучено подробное влияние камфецина на состояние крови и органов животных при хроническом введении. Все эти данные важны для глубокого понимания действия нового соединения на живой организм.

На разных этапах исследовательской работы были поддержаны грантом Российского научного фонда и Российского фонда фундаментальных исследований. «Мы надеемся, что у нас в руках вещество, которое станет настоящим лекарством. Уже доказано, что молекула действительно работает, и было бы прекрасно, если бы одно лекарство могло противостоять сразу нескольким штаммам гриппа», — заключила Ольга Яровая.

Соб. инф.

## СИБИРСКИЕ БИОФИЗИКИ ГОТОВЫ ВЫЯВЛЯТЬ РИСК РАЗВИТИЯ АТЕРОСКЛЕРОЗА ПО АНАЛИЗУ КРОВИ

Созданная в Институте химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН технология сканирующей проточной цитометрии дает возможность выявить факторы риска развития атеросклероза по анализу крови.

— Мы считаем: чтобы максимально эффективно изучать здоровье человека, нужно исследовать клетки крови, которых существует всего восемь типов. Отслеживать их состояние гораздо проще, чем с помощью самых разных анализов наблюдать за работой сотни органов, — рассказывает автор технологии заведующий лабораторией цитометрии и биокинетики ИХКГ СО РАН доктор физико-математических наук Валерий Павлович Мальцев.

Разработанный в институте прибор позволяет анализировать разные характеристики клеток: как статические (размер ядра, форма, плотность, однородность), так и динамические (ее

реакция на внешние физические поля). Ученые создают уравнения, которые могут предсказывать развитие клеток в зависимости от различных воздействий.

Упор делается в основном на информационные технологии, решение обратных задач, то есть анализы практически не требуют реагентов и других расходных материалов — при этом тест выдает огромное количество информации.

Эта технология позволяет фиксировать рекордно большое количество параметров клетки, благодаря чему ученые могут, например, определить риск преждевременных родов или развития различных заболеваний, в том числе сердечно-сосудистого — атеросклероза.

— В крови существует определенный класс липопротеинов — хиломикроны, которые появляются сразу после приема пищи и полностью исчезают спустя несколько часов. Мы обнаружили, что у больных атеросклерозом динамика выведения хиломикронов из крови существенно медленнее, — со-

общил научный сотрудник лаборатории кандидат физико-математических наук Дмитрий Строкотов. — Кроме того, существует гипотеза, что избыток хиломикронов в крови приводит к гиперактивации моноцитов (клеток крови) и, как следствие, к ускоренному росту атеросклеротической бляшки. Измерение характеристик этих клеток и липопротеинов может помочь в диагностировании болезни.

По статистике сердечно-сосудистые заболевания являются одной из основных причин инвалидности и смерти во всем мире, поэтому создание эффективной системы диагностики атеросклероза — актуальная проблема.

Сотрудники лаборатории цитометрии и биокинетики ИХКГ СО РАН уже сотрудничают с Национальным медицинским исследовательским центром им. академика Е.Н. Мешалкина, а в будущем разработанная технология может стать основой для развития предсказательной медицины.

Соб. инф.

## IN MEMORIAM

Константин Куртович Вальтух  
(19.12.1931 — 23.08.2017)



Руководство и коллектив Института экономики и организации промышленного производства СО РАН с глубоким прискорбием сообщают о том, что 23 августа на 86-м году жизни скончался выдающийся экономист, советник РАН член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор Константин Куртович Вальтух и выражают искренние соболезнования родным и близким.

Соболезнования можно направлять по факсу: 8(383) 330-25-80, по электронной почте: sla@ieie.nsc.ru. Информацию о месте прощания можно уточнять по тел.: 8(383) 330-09-85, 330-35-36.

## В НГУ ОТКРЫЛАСЬ АУДИТОРИЯ В ЧЕСТЬ ВЫДАЮЩЕГОСЯ МАТЕМАТИКА

*Имя академика Михаила Михайловича Лаврентьева присвоено аудитории 4110 нового корпуса Новосибирского государственного университета.*



А.Л. Асеев, В.В. Козлов и М.П. Федорук открывают аудиторию

Первыми в ставшую именной аудиторию вошли участники международной конференции «Математика в современном мире». Обращаясь к ним, ректор НГУ член-корреспондент РАН Михаил Петрович Федорук отметил: «Михаил Михайлович Лаврентьев внес большой вклад в становление математического образования. Он был без малого восемь лет деканом механико-математического факультета, а также заведующим кафедрой теории функций, профессором, членом ученых советов мехмата и НГУ. Михаил Михайлович верой и правдой служил университету до последних дней. Символично, что мы открываем посвященную ему аудиторию в дни празднования 60-летия Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН — без Сибирского отделения нет университета, без университета нет науки».

В церемонии открытия участвовал исполняющий обязанности президента РАН академик Валерий Васильевич Козлов. «Михаил Михайлович был, безусловно, выдающимся ученым, — сказал он, — работавшим в различных областях математики как «чистой», так и прикладной, был пионером в области теории некорректных и обратных задач, где получил результаты, которые украшают нашу науку». Руководитель Академии поделился впечатлениями от нового облика НГУ: «Я внимательно слежу за развитием Новосибирского университета хотя бы потому, что вхожу в комиссию Министерства образования и науки по проекту «5–100». Это тоже стимул, и я с большим удовлетворением констатирую большой прогресс в Новосибирске и желаю

новых успехов... Залог развития НГУ, как и раньше — интеграция науки и образования. Крепкая нить, которая связывает институты Сибирского отделения и Новосибирский университет, не должна ослабевать».

Председатель СО РАН академик Александр Леонидович Асеев напомнил, что Михаил Михайлович Лаврентьев был и руководителем Института математики, и одной из ключевых фигур в становлении НГУ. «Сегодняшнее событие — это дань памяти как научной династии Лаврентьевых, так и всему тому поколению людей, которые преодолели стоявшие на их пути испытания. Михаил Михайлович предвосхитил многие события — например, первым ввел в оборот понятие индустриальной математики и организовал журнал, посвященный этому направлению. Возглавляя редакцию, он много общался с инженерами и технологами, которые приносили свои статьи, помогая сделать публикации более обстоятельными в математическом отношении», — сказал Александр Асеев.

«Математическое сообщество невозможно разделить на университетское и академическое, институтское, — поделился директор ИМ СО РАН академик Сергей Савостьянович Гончаров, — это неразрывное целое. Примечательно то, что Михаил Михайлович Лаврентьев был в числе первых сотрудников как нашего института, так и НГУ. Становление этого единства хорошо отражено в фильме «Братство мехмата», который стоит пересмотреть».

Декан факультета информационных технологий НГУ профессор Михаил Михайлович Лаврентьев-младший поблагодарил тех, благодаря кому торжественное событие стало возможным — ректорат университета и механико-математический факультет, Институт математики и союз выпускников НГУ. «Мой отец и его соратники, которые первыми приехали в строящийся Академгородок, были разными людьми, но всех их отличала счастливая созидательная энергия, — сказал декан ФИТ НГУ, — и абсолютная уверенность в процветании науки. Теперь мы называем их первопроходцами. Пусть же сегодня память о них заряжает нас энергией и оптимизмом!»

Соб. инф.

Фото Андрея Соболевского

## ПОДВЕДЕНЫ ИТОГИ «ТЕХНОПРОМА-2017»

В правительстве Новосибирской области прошло совещание, посвященное итогам V Международного форума технологического развития «Технопром-2017» и выставки «НТИ ЭКСПО». Основным докладчиком выступил вице-губернатор Анатолий Константинович Соболев, также были представлены итоги деловой и научной программ форума, XI Сибирской венчурной ярмарки.

Губернатор НСО Владимир Филиппович Городецкий вручил награды лицам и организациям, внесшим значительный вклад в подготовку и проведение «Технопрома-2017». Почетные грамоты главы региона получили председатель Сибирского отделения РАН академик Александр

Леонидович Асеев, первый заместитель председателя СО РАН академик Ренад Зиннурович Сагдеев, директор Института химии твердого тела и механохимии СО РАН академик Николай Захарович Ляхов, член-корреспондент РАН Сергей Викторович Нетёсов, советник председателя СО РАН доктор физико-математических наук Геннадий Алексеевич Сапожников и директор Выставочного центра СО РАН Екатерина Сергеевна Годунова. Среди награжденных коллективов — АО «СКТБ Катализатор», Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина, Медицинский технопарк.

Соб. инф.

## ОГНЕННЫЙ ДЬЯВОЛ — ЧТО ЭТО И ЗАЧЕМ ЕГО ИЗУЧАТЬ



Найан Лиу

*Огненный вихрь, или огненный дьявол, — это не только герой компьютерной игры Heroes of the Storm, это еще и название экстремально сильных пожаров, характеризующихся большой высотой — до сотен метров — и огромной разрушающей способностью.*

Заместитель директора ведущей лаборатории по исследованию пожаров Университета науки и технологии Китая в Хэфее профессор Найан Лиу рассказал на 9-м Международном семинаре по структуре пламени, организованном Институтом химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, о проводимых в лаборатории исследованиях турбулентных пламен, моделирующих огненные вихри.

Профессор Лиу привел статистические данные, согласно которым огненные вихри, или по-английски «Fire Swirls», входят в число редко встречающихся — на их долю приходится 5 % от всех возгораний — экстремально сильных пожаров. Но, несмотря на такие эпизодические появления, экстремальные пожары наносят 97 % ущерба, включая материальный урон и стоимость пожаротушения.

— Огненные вихри возникают, если во время пожара внезапно налетает сильный ветер: он закручивает пламя, а вращение, в свою очередь вытягивает огонь вверх — возникает своеобразный огненный смерч. Самый высокий подобный пожар, около 600 метров в высоту, был зарегистрирован в 1940-х или 1950-х годах прошлого века. Очень немногие лаборатории и институты изучают это явление, вероятно из-за того, что оно редко возникает и поэтому считается не слишком важным, — подчеркнул Найан Лиу.

По понятным причинам исследование огненных вихрей в их «естественной среде обитания» невозможно, поэтому в лаборатории по исследованию пожаров Университета науки и технологии Китая используется специальная установка — по сути, шкаф из термостойких стекол размером 2 м x 2 м x 15 м.

— Сложности при исследовании возникают из-за эффекта масштабирования: при переходе на каждый новый масштаб основной способ контроля пламени меняется. Модельные «пожары» в нашей лаборатории создаются трех размеров: маленького — диаметром и высотой в несколько сантиметров, среднего — диаметром

10–30 см и большого — диаметром более 60 см. Характеристики пламени, которые мы получаем в результате эксперимента, можно экстраполировать на большие пожары. Также наша лаборатория сотрудничает с учеными из Португалии, где проводятся полевые эксперименты: создаются экспериментальные пожары вне лаборатории — но и там мы не можем «сделать» пожары с высотой пламени в сотни метров.

Что касается результатов, ожидаемых от исследований огненных вихрей, профессор Лиу считает, что прежде всего нужно понять физические механизмы, лежащие в основе этого явления, а потом разработать инженерные модели для предсказания и предотвращения экстремальных пожаров.

Сейчас имеются компьютерные программы, предсказывающие, например, скорость распространения пламени и другие характеристики пожара, но погрешность этих прогнозов может быть от 50 % до 100 %: к примеру, расчетная скорость распространения пожара составляет 2 м/с, но в реальности она оказывается равной 4 м/с.

— Всё больше специалистов начинают понимать, что у нас нет хороших инструментов для прогнозирования экстремальных пожаров, поэтому мы рассчитываем занять эту пока свободную для исследований нишу и повысить точность предсказаний, — высказал свои соображения ученый.

У лаборатории есть опыт сотрудничества с пожарными службами Китая: им пригодились результаты совместной работы группы профессора Лиу и лаборатории кинетики процессов горения ИХКГ СО РАН. В рамках двух совместных проектов российские и китайские ученые исследовали механизмы распространения огня во время лесных низовых пожаров.

— Используя модели, полученные в результате исследований распространения огня по поверхности, мы разработали программное обеспечение и предоставили его пожарным. Они встроили эти модели в свою компьютерную систему для предсказания возгораний, и, оказалось, что наши разработки в комбинации с другими характеристиками — влажностью, направлением ветра, топографическими условиями, позволяют успешно предотвращать пожары. Наша модель используется, чтобы оценить риск возникновения возгораний, и, если он велик, пожарные службы принимают меры — например, запрещают или ограничивают посещение леса на некоторое время, — поделился исследователь.

Также профессор Лиу высоко оценил работы сибирских ученых, представленные на семинаре, в частности его заинтересовал доклад директора Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, члена-корреспондента РАН Дмитрия Марковича Марковича, посвященный когерентным структурам в турбулентном закрученном пламени.

— Я заметил, что у нас очень схожие интересы в области исследования турбулентного пламени. Мы обменялись контактами и, я думаю, у нас может получиться интересное сотрудничество, — заключил Найан Лиу.

Надежда Дмитриева  
Фото автора

## КОНФЕРЕНЦИЯ

## ГРАФЕН И ДРУГИЕ РОДСТВЕННЫЕ СТРУКТУРЫ

В Новосибирском государственном университете завершилась Вторая российская конференция «Графен: Молекула и 2D-кристалл». Ее участниками стали 110 специалистов из России (Москвы, Новосибирска, Санкт-Петербурга, Черноголовки, Дубны, Екатеринбург, Кемерово, Красноярск, Омск, Томск, Улан-Удэ, Уфы, Челябинск, Якутск), Беларуси, Испании, Великобритании, США, Германии.

В 2010 году наши работающие за границей соотечественники Константин Новосёлов и Андрей Гейм получили Нобелевскую премию по физике за эксперименты с графеном — двумерным кристаллом углерода с шестигонной кристаллической решеткой. Для всего мира это направление исследований стало очень актуальным: в него вкладывается огромное количество сил, времени и, конечно, денег, создаются новые научные группы и исследовательские институты. В России развитие этой области тоже идет, хотя, кажется, с некоторым запаздыванием.

— В конце концов назрела необходимость провести не международную конференцию (сейчас вообще принято привлекать иностранцев и стараться перенимать их опыт), а мероприятие на русском языке для наших ученых, в первую очередь для молодых специалистов, работающих в этой области и готовых дальше активно ее продвигать, — рассказывает председатель конференции, профессор, заведующий лабораторией физикохимии наноматериалов Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН доктор физико-математических наук Александр Владимирович Окотруб. — Два года назад мы с коллегами организовали такую конференцию — «Графен: Молекула и 2D-кристалл», которая прошла в Доме ученых СО РАН, а теперь почувствовали, что есть необходимость повторить встречу российских ученых для обмена опытом, обсуждения последних достижений и выявления актуальных вопросов в области исследования и применения графена и родственных материалов. Мы пригласили наших соотечествен-

ников, работающих в других странах, в том числе ученых из английской группы Новосёлова.

По словам Александра Владимировича, направление исследований графена и материалов на его основе действительно стало очень популярным. Несмотря на скептицизм традиционных физиков в области твердого тела, исследования получили признание во всем мире, в том числе и в России. Ежегодно по этой теме публикуются десятки тысяч работ в журналах из базы данных Web of Science, описывающие новые свойства графеновых материалов, рассматривающие пути их применения в промышленности, медицине, экологии.

Одним из особых свойств графена является то, что его уникальные характеристики проявляются, когда он слабо взаимодействует с окружающей средой или подложкой. Соединяясь с другими двумерными материалами, графен может изменять структуру или электронное строение, что приводит к новым электрическим и оптическим свойствам — этим исследованиям был посвящен целый ряд докладов на конференции. Другой актуальной темой стало создание гибридных материалов и химическая модификация графена, например с помощью металлических наночастиц или инородными атомами, а также использование графена и родственных материалов в суперконденсаторах, литий-ионных аккумуляторах, катализаторах. От времени открытия графена и до его практического приложения должно пройти некоторое время, но уже сегодня на конференции представили несколько работ по применению графена в качестве детекторов оптического и терагерцового излучения и газовых сенсоров.

— Мы слушали доклады не только о графене, но и о других родственных структурах, таких как углеродные нанотрубки и пористые наноматериалы, — добавил Александр Окотруб. — Наша лаборатория старается двигаться в направлении создания гибридных материалов на основе соединений графена с другими низкоразмерными структурами, металлическими, полупроводниковыми наночастицами и полимерами для придания им новых функциональных



Конференция проходила в Новосибирском государственном университете

свойств. Мы уверены, что наука в области углеродных наноструктур продолжит активно развиваться, ведь она получила очень хорошую поддержку во всем мире. Кроме того, мы наблюдаем, как происходит постепенный переход к практическому применению этого материала в высокотехнологичном производстве. Эти вопросы также обсуждались на нашей конференции.

Мероприятие было организовано Институтом неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Институтом общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Институтом катализа им. Г.К. Борескова СО РАН и Институтом физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН. Новосибирский государственный университет не только выделил аудитории в новом корпусе для проведения конференции, но и через

стратегическую академическую единицу «Низкоразмерные гибридные наноматериалы» оказал значительную материальную помощь.

Часть средств для проведения конференции выделил Российский фонд фундаментальных исследований, а также ряд коммерческих организаций, представивших выставку лабораторного оборудования для диагностики углеродных наноструктур. Существенный вклад внесла компания OCSiAl, занимающаяся изготовлением одностенных углеродных нанотрубок. Это показывает, что интерес к изучению графена существует не только у научных организаций, но и у представителей промышленности.

Наталья Бобренок  
Фото Д.В. Пинакова



В конференции приняли участие специалисты из России, США, Беларуси, Испании, Германии и Великобритании

## ДЕШЕВО, НАДЕЖНО И ПРАКТИЧНО!

*Резкое удешевление сырья на нефтегазовом рынке влияет не только на экономическую составляющую нашей жизни. Ученым-геофизикам, чьи задачи тесно связаны с добычей углеводородов, также приходится искать новые пути для разработки инструментария, который был бы более эффективным и в то же время менее затратным, чем уже существующий.*



М.И. Эпов

«Такие технологии требуют совершенно иных подходов и новых фундаментальных знаний, это сделать непросто», — говорит директор 2007–2017 гг. Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН академик Михаил Иванович Эпов.

### На дне морском

Одна из проблем, связанных с освоением нефтегазовых ресурсов на шельфе, касается эффективности применения разведочной геофизики, а точнее — геоэлектрики. Сейчас это направление бурно развивается и характеризуется очень высокой стоимостью проводимых работ, поскольку системы, с помощью которых ведутся измерения и наблюдения, нужно располагать как можно ближе к объекту — то есть в придонной части. «Это приводит к тому, что необходимо создавать уникальное оборудование для расположения таких систем вблизи морского дна, специальные средства для определения координат установок и так далее, — комментирует Михаил Эпов. — Дорогое удовольствие! Отсюда можно заключить, что при нынешних ценах на углеводороды использование подобных технологий будет практически не востребуемым».

По словам ученого, существующая морская геоэлектрика во многом повторяет методы наземной электроразведки с одним только отличием — местоположением установок. Однако если рассмотреть вопрос более внимательно, оказывается — есть и принципиальная разница. «Дело в том, что морская вода очень соленая, у нее высокая электропроводность, и этот показатель плавно изменяется (возрастает) от поверхности к морскому дну, — объясняет академик Эпов. — Раньше этим фактом просто пренебрегали». Однако геофизики ИНГГ выяснили — если есть так называемый «вертикальный градиент» солености, то в слое морской воды при пропускании электрического тока возникает объемный заряд. В модели антикли-

нальной ловушки (часть нефтяного коллектора, которая обеспечивает накопление и сохранение углеводородов), расположенной под морским дном, было вычислено распределение электрического поля. Оказалось, распределения сильно различаются между собой, более того — объемный заряд, индуцированный в придонной области, можно использовать как вторичный электрический источник. Это позволяет переместить измерительную установку на морскую поверхность. «Такое упрощение технологии приведет к уменьшению стоимости электроразведочных работ на море в несколько раз, — отмечает Михаил Эпов. — Просто потому, что мы правильно учли особенности геоэлектрического разреза на шельфе».

### По волнам

Как говорит академик Эпов, примерно 90 % затрат на нефтяную геофизику приходится на сейсморазведку с ее развитыми процедурами обработки и интерпретации, поэтому было бы целесообразно распространить их на другие невольновые геофизические методы, где таких эффективных систем нет или они очень сложны. В первую очередь это относится к электроразведке, основанной на использовании эффектов электромагнитной индукции, описываемых диффузионными, а не волновыми дифференциальными уравнениями.

«Предпринималось очень много попыток эти электромагнитные процессы перевести в волновую область, — говорит Михаил Эпов, — и теоретически давно было показано, что это можно сделать, однако такие преобразования требуют высокоточных измерений в большом динамическом диапазоне, а вот их долгое время не могли реализовать на практике». Сейчас же появились новые магнитные датчики, способные измерять с очень высоким разрешением, — и оказалось, что давняя мечта специалистов электроразведки может быть осуществлена. «Возьмем систему наблюдений, которая состоит из генераторной петли на поверхности и набора магнитных приемников. С помощью такого комплекса можно получить картины затухания электромагнитного поля на земной поверхности в зависимости от времени и расстояния до источника, — поясняет ученый. — Мы перевели электромагнитные сигналы в волновую область и получили некоторые аналоги поверхностных волн с частотной дисперсией. В этом случае мы можем построить годографы (график зависимости времени пробега волны от источника до приемника), аналогичные сейсмическим, и использовать широкий арсенал средств и процедур обработки, накопленных в сейсморазведке. Это открывает новые возможности комплексирования сейсмо- и электроразведки, первая из которых «освещает» внутреннюю структуру геологической среды, а вторая — ее вещественный состав».

### На контрасте

Одна из важнейших проблем, которая стоит перед теми, кто добывает нефть, связана с гидрораз-

рыва ми пласта — искусственным увеличением его проницаемости за счет нарушения сплошности среды с помощью специальной жидкости. Дело в том, что этот процесс не всегда и не полностью контролируем, поскольку многие свойства нефтенасыщенного коллектора, который подвергается разрушению, либо неизвестны, либо варьируются в очень широком диапазоне. Поэтому проблема трассирования гидроразрывов является весьма важной практической задачей.

«Сейчас исследования гидроразрывов пытаются сделать сейсмическими методами, но мы обратились к опыту медицины, — рассказывает академик Эпов. — Если говорить о геофизике, то обычно поступают следующим образом: при наличии плохо выделяемого объекта создается более сложная высокочувствительная аппаратура и используются более мощные и ресурсоемкие методы обработки. Медицина же идет другим путем: использует введение контрастного вещества, чтобы «подсветить» нужную область и сделать ее видимой для уже существующих приборов».

Геофизики ИНГГ двинулись в том же направлении и попытались улучшить видимость трещин гидроразрыва в электромагнитном поле. Для этого исследователи предложили добавить в пропант, то есть в ту жидкость, которая разрывает среду, электропроводящие наночастицы. С одной стороны, они должны давать очень резкое уменьшение удельного электрического сопротивления, но в то же время стоить достаточно дешево. «До этого были предложения закачивать в трещины серебряную пудру, но это больше из области юмора», — отмечает Михаил Эпов.

Вещество, отвечающее всем требованиям, оказалось весьма простым и известным: углеродная сажа, производимая в огромных количествах и имеющая колоссальную электропроводность. Выяснилось: если добавить ее в жидкость для гидроразрыва, тогда видимость трещин в электромагнитном поле возрастает примерно в десятки раз.

Еще одно применение метода контрастирования — идентификация так называемых низкоконтрастных песчано-глинистых разрезов. Сейчас для выделения песчаных разностей, заполненных нефтью, используются очень сложные технологии — трехкомпонентный индукционный каротаж например.

«Решить же такого рода вопросы можно гораздо более простым способом: применением широко используемого зонда, измеряющего естественное электрическое поле, — говорит Михаил Эпов. — Для этого

нужно добавить в буровой раствор небольшое количество сильного окислителя либо вырабатывать кислород в скважине. Тогда мы увидим, что глинистые и песчаные разности начнут выделяться гораздо лучше. Причем эти контрастирующие вещества очень быстро разлагаются — та же перекись водорода через несколько часов превращается в воду».

Как отмечает академик Эпов, эти методы ждут своего испытания на практике, однако численное и лабораторное (выполненное в Институте химии нефти СО РАН) моделирование уже показало хорошие результаты.

### Точки разрушения

Еще одной важной практической задачей является исследование обсадных колонн — ими укрепляют любые нефтяные и газовые скважины. В процессе эксплуатации и с течением времени эти колонны деформируются и могут сломаться под влиянием внешних условий. Учитывая, что это происходит не так уж редко, а каждая эксплуатационная скважина стоит десятки миллионов рублей, ущерб получается огромный. Соответственно, нужны методы, которые бы определяли моменты возникающей опасности (так называемая стадия предразрушения).

«Сейчас для этих целей используются специальные дефектоскопы, это очень сложные устройства, — комментирует Михаил Эпов. — Однако есть совершенно простое решение, оно основано на магнитоупругом эффекте, магнитоэлектрики. Дело в том, что стальная колонна является ферромагнетиком, то есть состоит из упорядоченных магнитных доменов. Если наступает стадия предразрушения, то в этом месте колонны доменная структура нарушается и металл просто теряет свои магнитные свойства. Измерение соответствующего магнитного поля в скважине будет показывать такие интервалы. Самое важное — для этого практически не требуется никаких дополнительных затрат».

Подытоживая приведенные примеры, можно утверждать, что существует много вариантов построения значительно более простых технологий, с помощью которых специалисты способны решать сложные вопросы разведки и разработки нефтегазовых месторождений.

Екатерина Пустолякова  
Фото автора  
и из открытых источников

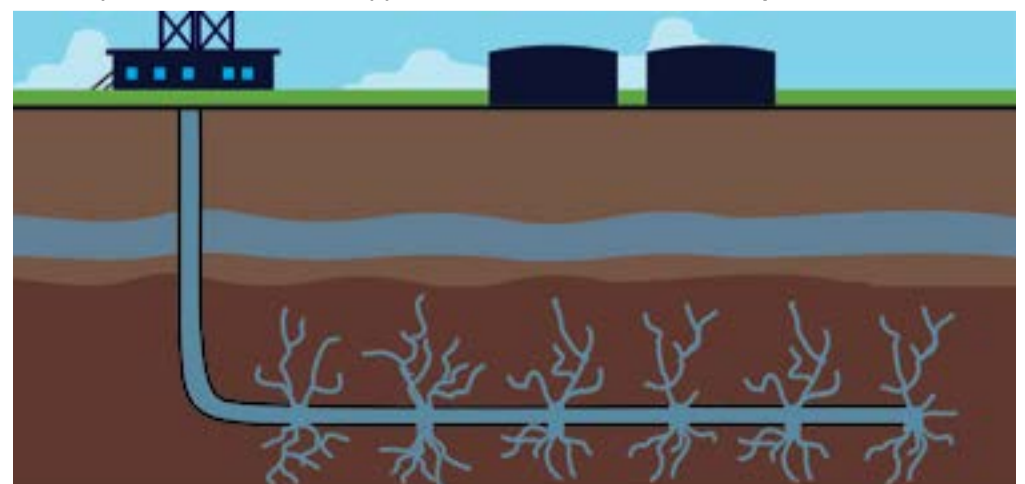


Схема гидроразрыва пласта

## КОКТЕЙЛИ ИЗ БАКТЕРИОФАГОВ ЗАМЕНЯТ АНТИБИОТИКИ



Нина Тикунова

**В Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН разрабатываются терапевтические препараты бактериофагов нового поколения, которые представляют собой мягкую и безопасную альтернативу антибиотикам. В частности, с их помощью удастся уберечь от ампутации больных с синдромом диабетической стопы.**

«Мы сейчас живем в так называемую постантибиотиковую эру, которая, как провозгласила Всемирная организация здравоохранения, наступила в 2005 году, — сказала заведующая лабораторией молекулярной микробиологии ИХБФМ СО РАН доктор биологических наук **Нина Викторовна Тикунова** на всероссийской конференции с международным участием «Биотехнология — медицине будущего».

В 2015 году обнаружена бактерия, устойчивая к колистину — антибиотику последнего ряда спасения. Его не используют ни в пищевых продуктах, ни в сельском хозяйстве, ни при лечении обычных инфекций, а берегут на случай, когда существует реальная угроза жизни человека. В 2016 была выявлена пациентка с бактерией, обладающей множественной устойчивостью к антибиотикам, включая колистин. К счастью, в тот раз женщину спасли, поскольку удалось включить ее собственную иммунную систему, однако уже в сентябре 2016 года в США официально зарегистрирован первый случай смерти от супербактерии.

В связи с этим очень перспективно использовать не антибиотики, а бактериофаги — вирусы, которые уничтожают бактерии, но не заражают клетки человека. Их начали применять еще в довоенном СССР. За счет высокой специфичности большинство бактериофагов узнаёт только определенные штаммы бактерий. Кроме того, им присуща саморегуляция, они размножаются лишь тогда, когда встречают своего хозяина. Как только плотность патогенных бактерий-хозяев уменьшается, бактериофаги спокойно и безболезненно для иммунной системы уходят из организма. Самое замечательное, что бактериофаг — это природный объект. Внутри и вокруг нас есть миллиарды бактериофагов, поэтому наша иммунная система обычно не пытается от них избавиться (было показано, что в случаях онкологических заболеваний они даже способны мягко ее стимулировать).

По оценкам ученых, на земле существует примерно  $10^{31}$  бактериофагов. Каждый бактериофаг в среднем имеет размер около 50 нанометров, и если выстроить из них линию, то она пролетит мимо ближайшей звезды Альфа Центавра и достигнет звездного скопления Плеяды.

У фаготерапии есть как преимущества, так и недостатки. Фагам всё равно, резистентна бактерия к антибиотикам или нет, поэтому они могут использоваться в комплексной терапии с антибиотиками и другими методами, это не повлияет отрицательно на их эффективность. Из-за того, что бактериофаг — обычный для наших организмов объект, отсутствуют повреждающие действия и токсические эффекты (именно поэтому в России их применение разрешено для лечения как новорожденных, так и пожилых). Поскольку эти агенты действуют избирательно, они не влияют на микрофлору организма. И что очень важно, бактериофаги способны разрушать биопленки.

*Биопленки формируются из бактерий различных таксонов. Первый слой усваивает ультрафиолет, передает какие-то компоненты своего синтеза среднему слою и так далее. Однако для медицины это не всегда хорошо, потому что биопленки образуются не только в норме (например, в ротовой полости на зубах), но и на катетерах. Даже если бактерии, находящиеся внутри биопленки, формально чувствительны к антибиотикам, из-за препятствия тот просто не может к ним попасть. Если бактериофагу удастся хотя бы чуть-чуть разрушить оболочку, весь этот многокомпонентный бактериальный слой становится доступен для антибиотиков.*

Главная трудность применения бактериофагов в медицине тоже связана с их избирательностью — попробуй подбери тот бактериофаг, который направлен именно против этого конкретного микробного агента!

Несмотря на то, что в последнее время интерес к изучению бактериофагов возрос, реально фаготерапией занимаются лишь в немногих странах: в Польше в рамках экспериментального лечения, в Бельгии в военном госпитале, в Грузии работает центр фаготерапии, куда ездят лечиться даже из США и Европы. Россия — это единственная страна, где бактериофаги официально одобрены, производятся в промышленном масштабе и разрешены для применения в клинике.

Однако большинство клиницистов в мире и даже в нашей стране скептически относятся к этому методу лечения (противники коммунизма называли такие препараты «сталинскими пилюлями»). Известно, что некоторые бактериофаги способны встраивать свой геном в бактерии, и это многих настораживает (хотя такие бактериофаги также встречаются в нашей кишечной микробиоте). Для фармацевтических компаний очень трудно защитить препарат на основе бактериофагов патентом, поскольку любой микробиолог, купивший этот препарат в аптеке, может размножить бактериофаг в своей лаборатории, дать ему другое название и продавать как свой (хотя этот путь опасен: рано или поздно будет проведено полногеномное секвенирование продаваемых препаратов и станет ясно, кто что у кого украл). К тому же высокая скорость смены циркулирующих штаммов быстро может сделать тот или иной бактериофаг неэффективным. То есть появляется необходимость индивидуального подбора бактериофага в каждом отдельном случае.

«В нашем институте ведется работа по созданию терапевтических препаратов бактериофагов нового

поколения. Можно разделить ее на несколько этапов: выделение и характеристика оригинальных бактериофагов, создание на их основе моноспецифических (против конкретной бактерии) и полиспецифических коктейлей. Также совместно с клиницистами новосибирского Центра новых медицинских технологий мы разрабатываем способы применения этих препаратов», — рассказывает Нина Викторовна.

За последние годы ученым удалось выделить новые бактериофаги как против традиционных патогенов, так и против недавно распространившихся возбудителей инфекций. Можно сказать, что каждый бактериофаг получил паспорт: от полногеномного секвенирования до изучения классических параметров, таких как скорость размножения и электронная микрофотография. Коктейли также уже создаются и описываются — здесь важно понять, что один бактериофаг не мешает другому.

«Мы считаем: в тех случаях, когда есть время, необходимо использовать метод персонализированного применения. На первом этапе выделяется патогенная бактерия, определяется ее вид, подбирается из коллекции бактериофагов или продаваемых препаратов тот, который действует именно против этой бактерии. Если это коллекционный материал, то он нарабатывается и уже в клинике применяется», — говорит исследовательница.

Доказать эффективность подхода ученым удалось благодаря работе с пациентами, имеющими синдром диабетической стопы. Стандартная консервативная терапия этой патологии дает положительный эффект меньше чем у половины больных. Как правило, на первых этапах пациентов лечат мазями и антибиотиками, и когда человек попадает к хирургам, одна или несколько бактерий, которыми инфицирована рана, уже имеет устойчивость к большинству антибиотиков. Эти больные идут на ампутацию. Причем практика показывает, что лишение пальца или половины стопы — это только первый этап, а дальше идут всё более высокие ампутации, и в конце концов человек может погибнуть.

«Мы описали истории 34 пациентов, у которых был синдром диабетической стопы, и консервативное лечение не помогало. У 31 из них инфекция действительно была вызвана антибиотикорезистентными бактериями», — рассказывает Нина Тикунова.

Примерно у половины пациентов это была моноинфекция, у других — микст-инфекция, вызванная двумя — пятью патогенными бактериями. Для 23 человек из 31 удалось подобрать

бактериофаги, половина из которых — оригинальные, выделенные в институте. Пациентов пролечили.

В результате у всех пациентов с моноинфекциями, которым были подобраны бактериофаги, патогенный агент либо исчезал, либо его титр снижался на три-четыре порядка, что позволило излечить их антибиотиками, к которым эти пациенты ранее были нечувствительны. Скорее всего, здесь заработала иммунная система — как только бактерий стало меньше, она начала справляться сама. Также удалось вылечить четырех пациентов с микст-инфекциями, а у остальных — убить хотя бы несколько патогенных бактерий (дело в том, что для некоторых бактерий бактериофагов пока не обнаружено). Таким образом, больше чем половина пациентов с синдромом диабетической стопы были полностью излечены.

Также у новосибирских ученых был положительный опыт и при лечении заболеваний органов дыхания, сложных генитальных инфекций, инфекций ЖКТ, вызванных антибиотикостойчивыми бактериями.

Нина Викторовна отмечает, что в экстренных случаях законодательство позволяет медикам использовать даже те лекарства, которых еще нет в продаже: «Не только у нас, но и в Европе, и в США есть такое положение: если лечащий врач видит, что никакие средства, имеющиеся в официальной терапии, не помогают, он, после проведения консилиума, может использовать для спасения человека любые средства».

Однако чтобы клиницисты все-таки не боялись использовать в своей практике бактериофаги, это должны быть препараты из аттестованных коллекций. Кроме того, необходимы более простые технологии подбора бактериофагов — иногда у хирургов есть только два дня на принятие решения об ампутации (сейчас для подбора и наработки бактериофага при удачном стечении обстоятельств нужно три — пять дней, при неудачном — десять). Также ученые выступают за введение в стране новых правил применения бактериофагов и проведения клинических испытаний, на что уже пошли в случае с онколитическими вирусами.

Исследователи уверены, что хорошие препараты на основе бактериофагов появятся в продаже уже к 2025 году. А вот будет ли готова к их применению клиническая медицина — пока вопрос.

Подготовила Диана Хомякова  
Фото Юлии Поздняковой  
и из открытых источников



Фагам всё равно, резистентна бактерия к антибиотикам или нет

## «ЗЕЛЕННЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА ИЗ ЛЕСНЫХ ОТХОДОВ

*Отходы лесного производства зачастую богаты ценными биологически активными веществами, поэтому так важны способы эффективной переработки этого сырья. Сибирские ученые и технологи работают над совершенствованием методов выделения из растительного сырья тритерпеноидов – соединений, которые могут помочь в лечении различных заболеваний.*

Эти органические вещества проявляют высокую биологическую активность. Тритерпеновые производные обладают свойствами, способными помочь в борьбе с онкологическими и вирусными заболеваниями: препятствуют воспалению, тормозят активное деление клеток и разрастание патогенных новообразований, активируют программируемую клеточную гибель. Подобные соединения есть в тканях многих растений, в том числе и в березовой коре, с которой работают сотрудники технологического отдела Новосибирского института органической химии имени Н.Н. Ворожцова СО РАН.

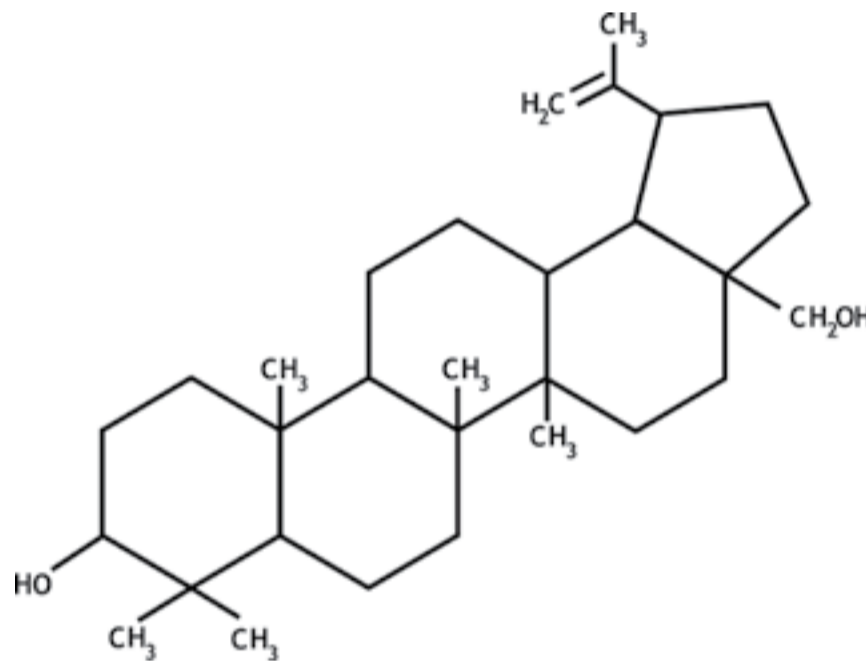
Белый цвет внешней коры березы связан с высокой концентрацией бетулина – тритерпенового спирта, который известен противовоспалительными, капилляроукрепляющими, антиоксидантными, противовирусными и антисептическими свойствами. Также это вещество – стартовое для получения других интересных продуктов, например производных бетулиновой кислоты, проявляющих, помимо названных выше, анти-ВИЧ активность. Сибирские технологи усовершенствовали процесс экстракции бетулина из отходов лесосеки.

– Мы добились большей энергоэффективности процесса и полного рецикла растворителя при достаточно высокой чистоте продукта. Это не достигается при экстракции, например, традиционно используемыми спиртами, – поясняет руководитель отдела опытного химического производства НИОХ СО РАН кандидат технических наук Сергей Александрович Попов.

Сотрудники опытного производства экстрагируют тритерпеноиды березовой коры, используя «зеленые» растворители, в частности водный этилацетат. «Зеленая» экстракция подразумевает применение экстрагентов, которые легко регенерируются, а также коммерчески доступны, являются высокоэффективными, обладают

важными для сохранения окружающей среды свойствами: не содержат токсичные примеси, биоразлагаемы, их получают из возобновляемого сырья. Найти идеальный «зеленый» растворитель практически невозможно, поэтому, если есть хотя бы несколько факторов, позволяющих улучшить производственные показатели (повысить безопасность, энергоэффективность), – это важный шаг на пути к «зеленому» идеалу. Используемый по технологии НИОХ «зеленый» экстрагент этилацетат селективно и эффективно извлекает тритерпеноиды березовой коры с незначительным количеством примесей и полностью возвращается в цикл экстракции с минимальными энергозатратами.

Известно много других методов, позволяющих получать бетулин из березовой коры, но специалисты НИОХ поставили задачу создать гибкую малозатратную схему, обеспечивающую продукцию нужного качества, которая соответствовала бы современному уровню потребностей и колебаниям спроса и использовала «зеленые» технологии. Существующие методики экстракции экстракта в цикле производства и были слишком энергозатратны.



Формула бетулина

А сибирским исследователям удалось добиться значительной, несмотря на низкую растворимость бетулина, продуктивности, а также минимизировать расход растворителя, вернув его в производственный цикл. Для удаления примесей был использован ряд эффективных технологических приемов: в частности, обработка не исходного



Бетулин – белое смолистое вещество, заполняющее полости клеток пробковой ткани на стволах березы и придающее ей белую окраску

сырья, а экстракта раствором щелочи делает процесс более экономичным.

– Дальнейшая наша работа связана с выделением индивидуальных метаболитов. Мы изучаем возможность использования альтернативных растворителей из возобновляемого растительного сырья, которые также позволят нам создать эффективные процессы переработки и получить востребованные наукой и рынком компоненты, – рассказывает Сергей Попов.

уделяют внимание и другим видам вторичного растительного сырья, например отходам пищевого производства: из отжимок клюквы, брусники, черноплодной рябины получают смеси тритерпеновых кислот и чистую урсоловую кислоту. Она проявляет антимикробную, противовоспалительную и другие виды биоактивности. В целом все тритерпеновые производные обладают гормоноподобным действием и способствуют физиологическим процессам, которые помогают бороться с онкологией или предупреждать раковые заболевания.

Разработанные технологии патентуются и используются в опытном производстве. К продукции проявляют интерес различные компании, производящие сельхозпрепараты, косметику и пищевые добавки, вещества для научных исследований. Также НИОХ активно сотрудничает с российскими и зарубежными исследовательскими институтами, например недавно поступил запрос от белорусских и китайских коллег, занимающихся поиском путей синтеза новых веществ, биологическую активность которых можно применить в медицине и сельском хозяйстве.

Анастасия Бехтерева  
Фото Ольги Ивановой

*Бетулин – кристаллическое органическое вещество, открытое Т.Е. Ловицем в березовой воде и содержащееся также в березовом дегте; белое смолистое вещество, заполняющее полости клеток пробковой ткани на стволах березы и придающее ей белую окраску; тритерпеновый спирт. Для получения бетулина, по Б.Т. Вылежинскому, бересту кипятят с водой, высушивают и извлекают алкогалем; остающийся после отгонки этого последнего бетулин кристаллизуют из хлороформа и затем из спирта. По Гаусману, алкогалый экстракт осаждают уксуснокислым свинцом и удаляют потом свинец углекислотной солью. Бетулин представляет бесцветные призмы состава  $C_{30}H_{50}O_2$ , не имеющие запаха, способные возгоняться в кристаллах; температура плавления  $258^\circ$  (всё по Гаусману); в воде нерастворим, но сравнительно хорошо растворяется в кипящем алкогалем, эфире, хлороформе и бензоле; едкое кали и амальгама натрия на него не действуют; при сухой перегонке получается масло с запахом юфти, содержащее ангидрид бетулина  $C_{36}H_{56}O$ . Азотная кислота окисляет бетулин в бетулинамаровую  $C_{36}H_{52}O_{16}$ , а хромовая – в бетулоновую кислоту  $C_3O_{H_{46}O_3}$ .*



Тритерпеновые производные есть в тканях многих растений, в том числе и в березовой коре

Другие виды тритерпеновых производных выделяют из хвойных растений, перерабатывая вторичное сырье, которое обычно считается отходами. Например, из пихтовых веток в лучшем случае делают масло, выход которого составляет 1–3 % от массы сырья, тогда как ценных экстрактивных веществ в древесной зелени содержится в десятки раз больше. Сотрудники НИОХ в течение ряда лет искали способы комплексно использовать сырье. Перерабатывая хвойные отходы, в институте ранее получили ряд биологически активных веществ, на основе которых НИОХ совместно с ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН разработал препарат «Новосил» – регулятор роста и развития растений с противогрибковым действием, повышающий устойчивость к заболеваниям. Позже в совместной работе с корейскими коллегами экстрактивные вещества пихты изучили на другие виды активности: в частности, было обнаружено, что тритерпеновые кислоты этого дерева могут ингибировать альфа-глюкозидазу (фермент диабета второго рода), препятствуя проникновению углеводов в кровь.

Технологи и исследователи НИОХ

## ОТ ПОЖИРАТЕЛЕЙ К СМЕРТИ



А.В. Ильиных

**Насекомые-филлофаги являются обязательным элементом лесных экосистем и питаются листьями или хвоей. Нередко производимая деревьями фитомасса превосходит объемы, необходимые для нормальной жизнедеятельности, и в этом случае избытие излишков даже полезно для дерева. Однако если количество насекомых сильно повышается, флора от этого может серьезно пострадать.**

Не все виды филлофагов способны резко увеличить свою численность, но это случается за счет ряда их свойств: высокой плодовитости, изменчивости организма, кучной откладки яиц. Однако в некоторых популяциях распространены болезни, вызываемые энтомопатогенными вирусами, — они используются людьми в качестве регуляторов численности насекомых. Сейчас наиболее полно изучено семейство безвредных для человека бакуловирусов (*Baculoviridae*) — на их основе уже разработаны препараты для биологического контроля массовых видов филлофагов. Эти микроорганизмы способны вызывать среди насекомых эпизоотии — широкое распространение болезни на большой территории. Также *Baculoviridae* в течение длительного времени сохраняются в окружающей среде и в латентном виде в организме хозяев. Еще одно их достоинство заключается в узком воздействии — то есть бакуловирусы способны поражать один или несколько видов, не навредив другим представителям экосистемы.

— Минусом препаратов на основе *Baculoviridae* является довольно длительный временной промежуток от момента применения до гибели

насекомых, — пояснил на XV съезде Русского энтомологического общества ведущий сотрудник Института систематики и экологии животных СО РАН доктор биологических наук Александр Васильевич Ильиных. — Он может составлять от 4–6 до 14–17 дней: то есть за этот период филлофаги успеют нанести ощутимый ущерб растениям.

Уникальность *Baculoviridae* в том, что они обладают специальными белковыми «оболочками» — матриксами, защищающими вирус от неблагоприятных условий среды. Однако у него была своя ахиллесова пята: длительный инкубационный период, который ученые преодолели с помощью разработки рекомбинантных штаммов.



Скопление гусениц и куколок непарного шелкопряда на стволе березы

Для этого в геном бакуловирусов встроили гены инсектицидных токсинов — яда скорпионов и пауков. Такое нововведение во многих случаях значительно сокращало «период ожидания» бакуловирусов, сохраняя относительно высокую биологическую эффективность и поражая исключительно вредоносных насекомых.

— Кроме того, было установлено, что вирусная инфекция может влиять на гормональный баланс инфицированных особей, — добавил Александр Ильиных. — Так, ряд бакуловирусов имеет *egt*-ген, инактивирующий гормон линьки насекомых. Инфицирование гусениц непарного шелкопряда вирусами, содержащими этот ген, приводило к нарушению процессов линьки и аномальному росту насекомых, что выражалось в продлении их возраста. Это, в свою очередь увеличивает вероятность поражения насекомых естественными врагами — энтомофагами. Так, паразитические мухи (тахины и саркофаги) откладывают яйца на гусениц непарного шелкопряда, а вышедшие из яиц личинки мух «пожирают» гусениц и куколок. Соответственно, чем больше период развития гусениц, тем больше вероятность поражения энтомофагами.

Одним из способов преодоления вирусной инфекции может быть апоптотический (приводящий к уничтожению инфицированных клеток насекомого) ответ зараженного организма. Если встроить в некоторые *Baculoviridae* гены-ингибиторы и ген-супрессор, способные противостоять апоптозу, филлофаги не смогут защититься от заболевания.

Барьерную функцию для защиты

насекомых от проникновения патогенов (в том числе вирусов) из кишечника в клетки эпителия выполняет перитрофическая мембрана. Однако определенные бакуловирусы справляются и с этой проблемой, потому что содержат так называемые энхансины — группу белков, способных разрушать белковый матрикс мембраны, давая тем самым возможность проникать в клетки филлофагов.

— Зачастую бакуловирусы могут длительное время сохраняться в организме насекомого-хозяина в латентном состоянии, — рассказал ученый. — Тогда используется метод ПЦР (полимеразная цепная реакция): он позволяет диагностировать вирус в минимальных количествах (на уровне единичных копий генов). Для идентификации причины смертности филлофагов применяется рестрикционный анализ вирусной ДНК, чтобы понять — это произошло из-за вируса, который был внесен в популяцию, или в результате активации скрытого вируса.

Исследование распространения вирусносительства у непарного шелкопряда с помощью ПЦР выявило, что показатели насекомых из новосибирской, свердловской и хабаровской популяций варьировались в очень широком спектре — от 23 % до 91 %. При этом уровень носительства *Baculoviridae* у филлофагов был значительно выше, чем смертность — то есть их наличие не означает неизбежной гибели хозяев. Вероятно, вирусная ДНК способна полностью или частично утратить инфекционность, при этом выявляясь в образцах. Кроме того, развитие бакуловирусов может подавляться механизмами резистентности насекомых к инфекции, поэтому актуальным для ученых остается вопрос: в течение скольких поколений вирус сохраняет способность к заражению?



Насаждения, поврежденные непарным шелкопрядом

Помимо прочего, ПЦР может применяться и как диагностика массового размножения у насекомых-филлофагов. Для некоторых видов было установлено, что чувствительность личинок к патогенам различной — не только вирусной — природы значительно зависит от фазы вспышки размножения. Так, биологическая активность вирусов, выделенных в различные фазы вспышки, может значительно изменяться. Это позволяет оптимизировать отбор для создания поражающих препаратов на основе *Baculoviridae*.

Алёна Литвиненко  
Фото предоставлены  
Александром Ильиных

## КНИГА О ПЕРВОПРОХОДЦЕ

**В серии «Великие математики XX века» московским издательством «Курс» тиражом 1 000 экземпляров выпущена монография «Сергей Львович Соболев. Грани таланта».**

Издание представляет жизнь и достижения академика С.Л. Соболева в разных ракурсах — биографическом, научном, документальном, мемуаристическом. Академическому читателю нет нужды представлять выдающегося математика, одного из «невидимых» творцов советского атомного проекта и отцов-основателей Сибирского отделения АН СССР с первым за Уралом академгородком, создателя теории обобщенных функций и функциональных пространств, которые во всем мире называют пространствами Соболева. Но книга демонстрирует и другие грани таланта Сергея Львовича — философа и кибернетика, общественного деятеля, стихотворца и даже сказочника.

Так, глава «Первый программист страны» рассказывает о вкладе С.Л. Соболева в создание вычислительной математики, ее первых гражданских и оборонных приложениях. Захватывающе читаются рассказы об участии ученого в советском атомном проекте, его работе в теперь знаменитой «Лаборатории № 2» (цитируются документы с пометками И.В. Сталина и Л.П. Берии). Не совсем канонически выглядит история рождения идеи Сибирского отделения: она будто бы возникла в ходе подмосковных дачных прогулок академиков С.Л. Соболева и С.А. Христиановича. «В том же поселке Мозжинка имел дачу по соседству с дачей Христиановича еще один известный математик и механик академик Михаил Алексеевич Лаврентьев, который был лично знаком с первым секретарем ЦК КПСС, председателем Совнаркома (правительства) СССР Н.С. Хрущёвым, — пишет один из авторов монографии. — К нему решили обратиться академики Соболев и Христианович с просьбой поддержать их идею и выйти с предложением в правительство».

Монография представляет научные открытия и организаторские достижения Сергея Львовича Соболева в единстве с его человеческим обликом и гражданской позицией: «В 1955 году он подписал «письмо трехсот» против лысенковщины... В начале 1960-х годов С.Л. Соболев выступил в поддержку работ Л.В. Канторовича по применению математических методов в экономике, которые тогда считались в СССР отступлением от «чистопородного» марксизма-ленинизма... В 1968 году С.Л. Соболев выступил в поддержку «пражской весны», чем вызвал недовольство со стороны областного партийного руководства и руководства Сибирского отделения АН со всеми вытекающими отсюда последствиями».

Математик, лидер, мыслитель, спортсмен и путешественник, семьянин, просто человек со всеми присущими черточками и слабостями — таким мы видим героя книги «Сергей Львович Соболев. Грани таланта».

Соб. инф.



Погибшая от вируса ядерного полиэдроза гусеница непарного шелкопряда

**Наука в Сибири**  
УЧРЕДИТЕЛЬ — СО РАН  
Главный редактор  
Елена Владимировна Трухина

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ  
«НВС» В НОВОСИБИРСКЕ!  
Свежие номера газеты можно приобрести или получить по подписке в холле здания Президиума СО РАН с 9.00 до 18.00 в рабочие дни (Академгородок, пр. Ак. Лаврентьева, 17), а также в НГУ, НГПУ, НГТУ и литературном магазине «КапиталЪ» (ул. М. Горького, 78)

Адрес редакции: Россия, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 17.  
Тел./факс: 330-81-58.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов  
При перепечатке материалов ссылка на «НВС» обязательна

Отпечатано в типографии  
ОАО «Советская Сибирь»  
630048, г. Новосибирск, ул. Н.-Данченко, 104.  
Подписано к печати 23.08.2017 г.  
Объем 2 п.л. Тираж 1500.  
Стоимость рекламы: 65 руб. за кв. см  
Периодичность выхода газеты — раз в неделю

Рег. № 484 в Мининформпечати России  
Подписной инд. 53012  
в каталоге «Пресса России»  
Подписка-2017, 1-е полугодие, том 1, стр. 156  
E-mail: presse@sbras.nsc.ru, media@sbras.nsc.ru  
© «Наука в Сибири», 2017 г.