



# Наука в Сибири

Газета Сибирского отделения Российской академии наук • Издается с 1961 года • 28 октября 2021 года • № 42 (3303) • 12+

## Крупный проект СО РАН по парниковым газам Сибири



Актуально

Учитывая важность темы изменения климата и декарбонизации экономики в текущей политической и научно-образовательной повестке, в Сибирском отделении РАН идет активное обсуждение отдельных проектов по углеродной тематике.

**Андрей Георгиевич Дегерменджи**, директор Института биофизики Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН», академик РАН, первый заместитель Научного совета СО РАН по проблемам экологии Сибири и Восточной Арктики:

«В структуре СО РАН уже создано несколько советов, так или иначе связанных с экологией и проблемами качества окружающей среды. Это значит, что целесообразно предложить некую общую схему, которая будет задавать рамку для встраивания в нее отдельных, обсуждаемых сейчас проектов. На сегодня можно сформулировать две крупные цели для Сибирского отделения в области климата и парниковых газов: в области экологии — исследование баланса парниковых газов (ПГ), особенно углерода, метана и воды в атмосфере над Сибирью; в области экономики — оценка того, как будет согласована экономика Сибири с полу-

ченными результатами по этим балансам. Ключевой вопрос: стоит ли менять экономику, переводя ее на безуглеродную, если хватает запаса поглощения ПГ по Сибири? Если же запаса поглощения не хватает, встает вопрос: как нужно менять экономику с учетом экологического следа экономических изменений?»

Забегая вперед, стоит отметить, что конечным результатом решения этих целей стоит задача управления — вывода углерода из круговорота в различных точках (наземные или водные экосистемы, промышленность). В целом в постановке углеродной и климатической проблематики блоки экономики Сибири и экосистем Сибири дополняются блоком управления.

Многие институты сейчас сосредотачивают усилия на экосистемах Сибири. Поэтому речь пойдет в основном об этом блоке. Необходимо отметить, что все обсуждаемые и в дальнейшем реализуемые проекты в идеале должны пройти через фильтр международных договоренностей. Это касается и методов, и моделей, и подходов, и не только для Сибири, а в целом для России. Для этого недостаточно усилий Сибирского отделения и даже всей Российской академии наук. Здесь должно быть реализовано некое общее усилие, скорее всего на правительственном

уровне. В идеале всё, что обсуждается и предлагается к реализации, должно быть представлено в межправительственных соглашениях.

По моему мнению, в блоке «Экосистемы Сибири» надо выделить несколько основных направлений с квалифицированными координаторами. В противном случае может реализоваться сценарий мелкотемья. В текущей ситуации глобальная проблема климата и цикла углерода — это не та тематика, когда мелкие независимые темы могут поспособствовать значимому прогрессу. Можно привести такой пример. Если бы космическая программа времен СССР развивалась путем подачи проектов снизу, то была бы масса предложений по всем элементам космической системы, но ракета в целом не получилась бы. Всё сложилось только потому, что был некий общий центр координации, который направлял совместные усилия многих талантливых людей и коллективов. В случае Сибирского отделения и климатической тематики роль главных координаторов должны взять на себя три научных совета СО РАН: по проблемам экологии Сибири и Восточной Арктики, по проблемам озера Байкал, по проблемам Парижского соглашения по климату.

Окончание на стр. 3

Новость

Ученые ИНГГ СО РАН исследуют уникальный разрез «Маралиха»

Специалисты Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН в течение многих лет изучают разрез ордовика и нижнего силура «Маралиха» (Алтайский край). Он расположен недалеко от одноименного села и является особо охраняемой территорией России — геологическим памятником природы краевого значения, получившим такой высокий статус после многолетних био-стратиграфических исследований сотрудников ИНГГ.

Разрез является единственным из известных обнажений в Алтае-Саянской складчатой области, где выходят на дневную поверхность терригенные морские отложения своеобразного исторического этапа в развитии древнего Алтайского бассейна, именуемого куйбышевским горизонтом. Этот региональный стратон был установлен в 2014 году новосибирскими исследователями на основании изучения находок зональных видов вымершей группы морских организмов — граптолитов.

Сотрудницы лаборатории палеонтологии и стратиграфии палеозоя ИНГГ СО РАН кандидаты геолого-минералогических наук **Елена Викторовна Лыкова** и **Татьяна Александровна Щербаненко** ведут поиск ископаемой фауны — граптолитов и брахиопод. Отдельные виды граптолитов, найденные в отложениях разреза «Маралиха», также были обнаружены на Салаире, на Новой Земле, на Таймыре, на северо-востоке России и за пределами нашей страны: в Северной Америке, Китае, Австралии, Новой Зеландии, Казахстане. Это позволяет ученым провести корреляцию нескольких разрезов и проследить, как развивалась жизнь на Земле сотни миллионов лет назад.

В полевом сезоне 2021 года специалисты ИНГГ СО РАН провели целенаправленные поиски бентосной фауны в разрезе «Маралиха», увенчавшиеся успехом. Удалось обнаружить редкие линзы с брахиоподами, изучив которые ученые смогут получить информацию о стратиграфическом интервале, ранее не охарактеризованном в Алтае-Саянской складчатой области по брахиоподам. Это поможет закрыть белое пятно в региональной стратиграфической шкале и, возможно, найти недостающее звено в эволюции брахиопод среднего ордовика.

Пресс-служба ИНГГ СО РАН

## Терагерцовое излучение изменило деление клеток у бактерий

Ученые Курчатковского геномного центра ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН» установили, что в результате воздействия терагерцового излучения на бактерии *E. coli* происходит изменение активности целых систем генов, которые связаны с агрегацией клеток, клеточной подвижностью, подавляется деление клеток, по-другому ведут себя клеточные мембраны. Эксперименты проводились на Новосибирском лазере на свободных электронах Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН. Результаты опубликованы в высокорейтинговом журнале Scientific Reports.

Генерация и применение электромагнитного излучения ТГц диапазона частот стало быстро развиваться с конца прошлого века. Однако исследования его влияния на биологические объекты составляют малую часть от общего числа научных работ в этой области. Между тем, ТГц излучение от естественных источников почти полностью поглощается атмосферой, и эволюция организмов в биосфере Земли происходила при почти полном отсутствии воздействия этого типа излучения.

Поэтому именно генетические и другие биологические исследования оказываются важными для адекватной оценки биобезопасности технологий, основанных на терагерцовом излучении. Дать ответ на этот вопрос невозможно без знания характера и параметров его воздействия на живые организмы на самых разных уровнях, включая генетический.

Именно такую работу проводит коллектив ученых ФИЦ ИЦИГ СО РАН и ИЯФ СО РАН, подвергая живые системы различного уровня организации воздействию мощного терагерцового излучения с помощью уникальной научной установки — Новосибирского лазера на свободных электронах, а потом оценивая, какие изменения это вызвало в системах, контролируемых геномом.

В новом исследовании, результаты которого опубликованы в Nature Scientific Reports, изучались последствия воздействия электромагнитных волн ТГц диапазона на бактерии *E. coli* на молекулярно-генетическом и клеточном уровнях.

«В результате воздействия излучения целый ряд значимых для жизнедеятельности клеток процессов начинает протекать иначе. В своей работе мы показали, что происходит изменение ак-

тивности целых систем генов, которые связаны с агрегацией клеток, клеточной подвижностью, подавляют деление клеток, по-другому ведут себя клеточные мембраны», — рассказал главный научный сотрудник ФИЦ ИЦИГ СО РАН кандидат биологических наук **Сергей Евгеньевич Пельтек**.

Эксперименты на пользовательской станции ЛСЭ длились около года и включали в себя несколько сеансов облучения клеток по 15 минут. «Для проведения биологических исследований с использованием терагерцового излучения лазера на свободных электронах оборудована специальная экспериментальная станция, которая позволяет проводить работы с живыми объектами, — пояснил координатор работ пользователей Новосибирского ЛСЭ старший научный сотрудник ИЯФ СО РАН кандидат физико-

математических наук **Василий Михайлович Попик**. — Оборудование рабочей станции позволяет регулировать и контролировать интенсивность и равномерность облучения биологических образцов, а также их температуру — с точностью до нескольких сотых градуса. Всё это обеспечивает повторяемость экспериментов с живыми объектами. Сотрудничество с Институтом цитологии и генетики СО РАН продолжается уже более 15 лет, и, помимо *E. coli*, с помощью Новосибирского ЛСЭ изучаются и другие биологические объекты».

Работа (№ 075-15-2019-1662) поддержана Курчатковским геномным центром ФИЦ ИЦИГ СО РАН и проектом Министерства науки и высшего образования № 0259-2021-0010.

Пресс-службы ФИЦ ИЦИГ СО РАН  
и ИЯФ СО РАН

### КОНФЕРЕНЦИЯ

## Цифровые фермы и умные поля становятся реальностью

На базе Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН прошла VIII Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии, системы и приборы в АПК»

«В мире нарастает конкуренция за ресурсы, а в России, к примеру, находится 51 % всех мировых запасов чернозема, — рассказал директор СФНЦА РАН доктор биологических наук **Кирилл Сергеевич Голохваст**. — Сельское хозяйство потребляет сегодня максимум технологических новинок. И важно, что наша конференция объединила не только ученых, но и практиков, демонстрирующих десятки актуальных разработок».

«Сельское хозяйство вносит значительный вклад в карбоновый кругооборот», — отметил заместитель председателя СО РАН, директор Иркутского филиала СО РАН академик **Игорь Вячеславович Бычков**. — Сегодня этот процесс носит незамкнутый и прогрессирующий характер. За последние 60 лет измерения на территории Российской Федерации показали суммарное увеличение среднегодовых температур на 3,7 градуса, но на северо-востоке страны и в Арктической зоне они росли гораздо быстрее. Вопрос о степени участия в этом человека остается предметом дискуссий, но нельзя не учитывать, что беспрецедентный рост содержания CO<sub>2</sub> за 800 000 лет приходится на последние 150, то есть на индустриальную эпоху. Только за 2000–2018 гг. выбросы двуокиси углерода в атмосферу Земли выросли с полутора до пяти миллиардов тонн».

Игорь Бычков ознакомил аудиторию с глобальными сетями мониторинга и исследований «карбоновой погоды», отметив отставание России от мирового тренда. «Теперь принято решение о создании ряда карбоновых полигонов на сибирской территории, в том числе в Новосибирске. Я думаю, что мы в этом вопросе быстро продвинемся», — обнадеедил ученый. Он отметил, что для Сибири характерна особая роль лесов в углеродном круговороте, причем в плане и поглощения, и эмиссии, которой спо-

собствуют катастрофического масштаба пожары. «Если посмотреть на карту, то в Западном полушарии горит в основном юг, а у нас в Восточном — к сожалению, север, то есть в основном территории России», — отметил Игорь Бычков.

Он подробно остановился на аналитико-информационном обеспечении карбоновых полигонов. Мультиязычные потоки данных собираются из четырех групп источников: космических, воздушных (включая беспилотники), наземных и экспериментальных. Технологической основой сбора данных служат мировые стандарты интернета вещей, а гибкость подхода обеспечивается широким использованием цифровых озер как информационного интегратора. «Разрабатываемые расчетные трехуровневые модели должны соответствовать международным соглашениям», — подчеркнул ученый. Игорь Бычков отметил: «Основа для сбора данных — локальная, но при этом необходимо соблюдать принцип широкого просторанственного распределения. Однако системы обработки и анализа информации должны строиться на национальном и глобальном уровнях».

Применение цифровых методов при выборе технологий возделывания зерновых культур было обозначено темой пленарного доклада главного научного сотрудника СФНЦА РАН академика **Виктора Валентиновича Альта**, но он коснулся и вопросов более общего плана. «В аграрной отрасли появляются новые профессии и новые профессионалы, которых ведут за собой новые лидеры, — поделился наблюдениями ученый. — При этом в полный рост встает проблема деревни и сельского образа жизни, мало подверженных изменениям». Дисбаланс между новейшими технологиями и почти неизменной средой их применения и жизни носителей усугубляется психологическим фактором: «Есть

коллективное подсознательное сопротивление переменам, а конкуренция препятствует открытости, передаче опыта».

Говоря о цифровых технологиях аграрного назначения, Виктор Альт определил их цель, как выявление и преодоление препятствий, которые создает природа. Сложность оцифровки земледелия ученый видит в огромном количестве вводных данных: географических, погодных, почвенных и иных условий, растений и их сортов, удобрений и ядохимикатов, видов техники и так далее. «Если работать по всему спектру сельхозкультур, технологий выращивания и уборки урожая в конкретном хозяйстве при трех видах обработки почвы, мы получим около 250 000 вариантов технологических решений», — сообщил академик.

Решением проблемы В. В. Альт видит исходную оптимизацию информационного поля (отсечение избыточных данных) и использование суперкомпьютерных систем. По его расчетам, для тотальной цифровизации земледелия на 1 900 000 га пашни Новосибирской области потребуется платформа с суммарной мощностью около 2 петафлопс. При этом заместитель главы регионального Минсельхоза **Евгений Юрьевич Зайцев** посетовал на дороговизну предлагающихся информационных систем и решений: «По этой причине пока что прорыва не наблюдается. Хотелось бы увидеть на этой конференции предпосылки удешевления цифровизации, тогда бизнес будет более восприимчив к таким инновациям».

Тем не менее примером восприимчивого бизнеса выступило семеноводческое ООО «Соколово» из Колыванского района Новосибирской области, о достижениях которого участником конференции сообщил его директор **Анатолий Антонович Степанов**. «На площади хозяйства в 13 000 га мы с 2009 года последовательно вводили

цифровые технологии, — рассказал он. — Точкой отсчета послужило создание базы данных по земельным ресурсам и экономическое планирование, к этому прибавился архив полевых работ и электронная весовая — амбарные книги ушли в прошлое вместе с разночтениями наших и клиентских показателей».

На сегодня в «Соколово» все технологические циклы контролируются и управляются ОЦУПом — оперативным центром управления производством. В частности, полевой навигацией: «При любом отклонении от заданной траектории механизатор обязан остановить машину и связаться с диспетчером», — сообщил А. Степанов. ОЦУП пользуется данными собственной метеостанции, чтобы иметь максимально точный прогноз на трое суток вперед, а каждый из семи агрономов пользуется прикрепленным к нему квадрокоптером.

По сравнению с 2012 годом длительность сева удалось снизить с 26 до сегодняшних 16 суток, уборки — с 39 до 25, при этом А. Степанов напомнил о том, что в сентябре 2021 года было всего два дня без дождей. Выросла урожайность: по пшенице, например, с 12 до 50 центнеров с гектара, а на некоторых полях до 82. «Мы поставили себе планку в 100, и обязательно выйдем на этот рубеж», — заверил аграрий. К 2024 году цифровое «Соколово» планирует выйти на управление плановой урожайностью. «Результат достигим только в условиях системного и тотального взаимодействия всех элементов информационного обеспечения нашей работы», — считает А. Степанов. «Вы создали замечательную систему оперативной диспетчеризации, — откликнулся академик В. Альт, — следующим шагом должно стать наделение ее экспертными и прогностическими функциями».

Окончание. Начало на стр. 1

Одно из основных направлений исследований в блоке “Экосистемы Сибири” — это контроль текущего годового баланса ПГ и перспективы длительного прогноза этого баланса. При этом, поскольку ситуация динамичная, длительность точного прогноза вряд ли превысит три-четыре года, после он должен корректироваться на основе обновленных данных. В этом направлении исследований выделяются два важных раздела: мониторинг и математические модели баланса ПГ.

В области мониторинга можно выделить такие важные направления исследований, как дистанционный (космический и авиационный) и наземный мониторинг. Для дистанционного мониторинга важно разработать алгоритмы оценки потоков ПГ на основе космических данных, оценки общего количества зеленой массы в Сибири. С помощью космических данных также можно оценивать текущие производственные характеристики экосистем Сибири. Авиационные методы можно рассматривать как некое промежуточное звено между космическими и наземными методами. В дальнейшем математическим моделям потребуются и другие данные (температура, влажность, инсоляция и другие), которые также можно оценивать дистанционно.

Наземные методы в первую очередь связаны с использованием обсерваторий, ярким примером которых служит обсерватория ZOTTO. СО РАН стоит ставить задачу дублирования вышки ZOTTO, возможно с модификациями. Есть сомнения, что углеродные полигоны смогут хорошо экстраполировать данные на большие территории, на ландшафтной основе. С учетом этого стоит расширить сеть станций, созданных по принципу обсерватории ZOTTO, на всю Сибирь. Безусловно, это дорогие объекты наблюдений, приближающиеся в случае масштабирования к установкам мегасайнс, но они работают десятки лет и могут быть востребованы и в будущем по другим экосистемным тематикам. Их оснащение, приборную базу можно менять и дополнять по мере развития техники

и появления новых задач. Важно, что данные с таких высотных обсерваторий позволяют рассчитывать потоки парниковых газов (поглощение, эмиссия и тому подобное).

Среди наземных методов стоит выделить экспериментальный подход. Нужно шире представить экспериментальные методы (лабораторные и полевые) по оценке дыхательной активности почв и балансу выбросов и поглощения CO<sub>2</sub> и метана в типичных для исследуемого региона экосистемах. Также в таких экспериментах можно оценить чистую первичную продукцию экосистем и множество других важных для оценки углеродного баланса параметров, включая соотношение стабильных изотопов углерода.

Следующий раздел — математическое моделирование. Здесь можно использовать как общедоступные, так и собственные модели, но этот вопрос требует обсуждения. Не стоит забывать, что многое будет зависеть от требуемой точности итоговых данных по балансу углерода Сибири. Для грубой оценки будет достаточно неких общих моделей, а вот учет всех типов экосистем и неоднородностей в их структуре и распределении по территории делает задачу существенно более сложной. Здесь многое зависит от политических и международных требований: какова ожидаемая точность прогноза цикла углерода и способностей экосистем поглощать или выделять парниковые газы.

Безусловно, стоит вести речь о типизации экосистем Сибири (лесные, болотные, более мелкие классы лесных экосистем, возможно, типизация по типам почв). Для создания моделей или адаптации готовых и полного теоретического понимания необходимы кинетические характеристики процессов: скоростные, производственные и другие. Часть этих характеристик можно получить на основе данных мониторинга, часть — из экспериментов или литературы. Это значит, что планируемые работы по разделу «Моделирование» необходимо согласовать как с экспериментами, так и с наблюдениями. В противном случае не

получится насытить модели данными и верифицировать их, доказать надежность их работы и прогнозных расчетов в части оценки годового баланса ПГ. Надежная оценка годового баланса при разных условиях — основа для прогноза межгодовой долговременной динамики при разных сценариях.

Наша практика и публикации показывают, что математические модели довольно эффективно работают при сопоставлении с независимыми методами: экспериментальными исследованиями баланса ПГ и данными, полученными на наземных обсерваториях-вышках. Их сравнение показывает, что они согласованы. Надо усиливать это направление и концентрировать здесь силы, потому что это гарантия хорошего качества результата. Следует повторить, что эти подходы должны быть согласованы с международными институтами. В противном случае достоверность результатов может быть поставлена под сомнение.

После согласованной реализации этапов мониторинга, экспериментов и моделирования, верификации моделей по данным наблюдений и экспериментов возможны прогнозные расчеты по годам, территории, сборка результатов по всей Сибири. В комплексном анализе будут учтены и роль лесов и болотных экосистем, и сток углерода через речные системы (Обь, Енисей, Лена). Байкал, как крупнейшая озерная система, также попадает в рамку этих работ. После стока углерода в северные моря нужно исследовать его судьбу: скорости захоронения и прочее. Для общности необходимо учитывать все процессы — такая глобальная оценка станет вершиной проекта.

Если оценивать скорость получения результатов, то, возможно, самая оптимистичная оценка, с учетом создания приборной базы на основе обсерваторий-вышек, при концентрации усилий отделения, — это не меньше пяти лет. Исследования в области экономики могут развиваться независимо. В любом случае стоит обсуждать сначала некую общую часть проекта и лишь потом мозаику отдельных исследований-проектов.



А. Г. Дегерменджи

Можно пойти еще дальше и предположить, что исследования даже в рамках Сибири — это мелкий масштаб. Необходимо иметь такую же программу по России, а в глобальном понимании собирать такие программы по странам. Как раньше на международном уровне объявлялся Международный биологический год, так сейчас нужен Международный углеродный год. Но такая глобальная рамка выходит за пределы компетенции СО РАН. Хотя мы помним, как в свое время академик Валентин Афанасьевич Коптюг продвигал концепцию устойчивого развития на уровне саммита ООН для всего мира. Сейчас же важно добиться согласования на нашем уровне, уровне Сибирского отделения. И реализовать масштабный по планетарным меркам проект в зоне нашей прямой ответственности.

Резюмируя: создание большого проекта СО РАН с условным названием “Парниковые газы Сибири”, безусловно, созрело. Этот проект должен быть наполнен согласованными между собой проектами научных учреждений Сибири (академических, вузовских и отраслевых). Именно этот проект стоит представлять и активно продвигать в правительстве РФ. Только таким способом мы сможем достичь прогресса в этой сложной и крайне важной теме».

НОВОСТЬ

## На побережье Таймыра запущена новая станция мониторинга концентрации парниковых газов в атмосфере

Первые результаты непрерывных наблюдений за концентрацией углекислого газа и метана на недавно развернутой красноярскими учеными станции «ДИАМИС» на побережье Таймыра опубликованы в журнале Atmosphere.

Коллектив ученых из России и Германии, возглавляемый исследователями ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», несколько лет проводит непрерывный мониторинг концентрации парниковых газов в прибрежной арктической атмосфере на западном побережье Таймыра на недавно введенной в эксплуатацию станции «ДИАМИС». Наблюдая за сезонной изменчивостью концентрации углекислого газа и метана в атмосфере, исследователи оценили региональные особенности обмена изучаемых парниковых газов в системе наземные экосистемы — океан — атмосфера. Зимой, когда CO<sub>2</sub> не поглощается растительностью, его фон сформирован главным образом выбросами антропогенного характера. Разница между содержанием углекислого газа в воздухе зимой и летом, в пик поглощения растительным покровом, схожа с наблюдениями на других арктических станциях. Именно эта величина отражает способность природных экосистем Сибирского Заполярья поглощать углерод из атмосферы.

На динамику концентрации парниковых газов в прибрежной зоне влияет Северный Ледовитый океан, откуда к станции приходит воздух с более низким их содержанием. Особенно хорошо это заметно летом. Зимой же отмечается усиление воздействия воздуха с континентальной части, что позволяет периодически наблюдать антропогенные сигналы парниковых газов, приходящие, например, с нефтегазовых месторождений полуостровов Ямал и Тазовский. Однако и летом наблюдается сильная изменчивость интенсивностей поглощения и выделения углекислого газа и метана наземными экосистемами. Ученые отметили, что эти величины чувствительны к изменениям погодных условий и зависят от того, был ли год сухой или влажный, холодный или теплый. Также большую роль играют природные пожары.

«По измерениям в Диксоне мы наблюдаем рост концентрации углекислого газа и метана в атмосфере. Сходную тенденцию мы видим и по данным 15-летнего мониторинга на обсерватории ZOTTO в среднеарктической подзоне Сибири, и на других

измерительных станциях Северного полушария. Это глобальная тенденция, которая может свидетельствовать об определенной потере компенсационных способностей биосферы. То же самое происходит и над лесными территориями Сибири, особенно в высоких широтах. Дать точный ответ о поведении углерода должны исследования в разных районах мира с различными природно-климатическими условиями и степенью антропогенной нагрузки. Необходимо, чтобы исследования были длительными и непрерывными. С каждым новым годом данные такого мониторинга будут становиться ценнее. Наши исследования представляют уникальный фактический материал о существующих тенденциях изменения природной среды. Недавно открытая станция для непрерывных наблюдений за молярными долями углекислого газа и метана в атмосфере на западе Таймырского полуострова заполняет пробел в наблюдениях за атмосферными газами над арктическим поясом центральной части Сибири», — рассказал научный координатор обсерватории ZOTTO Института леса им. В. Н. Сукачёва

ФИЦ КНЦ СО РАН кандидат биологических наук Алексей Васильевич Панов.

Исследования в районе поселка Диксон являются частью проекта климатического научно-образовательного центра, созданного недавно в Красноярске в рамках реализации национального проекта «Наука». Вместе с обсерваторией ZOTTO и пятью другими станциями мониторинга обменных потоков углерода, размещенными специалистами ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» в экосистемах ключевых биоклиматических провинций бассейна реки Енисей, она является частью уникальной сети регионального мониторинга парниковых газов KrasFLUX, не имеющей аналогов в России. Новая станция расширяет зону охвата измерений обсерватории ZOTTO, позволяет выявить перенос парниковых газов в системе океан — атмосфера и оценить вклад океанического сигнала в формирование пула парниковых газов в континентальной атмосфере Сибири.

Группа научных коммуникаций  
ФИЦ КНЦ СО РАН

# Анализ экспрессии генных ансамблей поможет в диагностике патологий

Поиск новых биомаркеров патологий человека и прогнозирование клинических исходов для пациентов является сложной задачей, стоящей сегодня перед мировым научным и медицинским сообществом. **Международный коллектив, куда вошел сибирский ученый, занялся изучением генного шума у людей, больных свиным гриппом, COVID-19 и сепсисом. Результаты работы опубликованы в журнале Scientific Reports.**

Сравнивая данные экспрессии генов у пациентов, исследователи выявили общие нарушения для всех этих заболеваний. На основе полученных данных был разработан альтернативный подход, который можно применить для анализа молекулярных изменений, связанных с инфекционными заболеваниями и сепсисом, как наиболее острой формой их проявления. Новый многообещающий метод — шум ансамбля генов — не только помогает выявить критические пути и предсказать тяжесть заболевания при свином гриппе, COVID-19 и смертность у пациентов с сепсисом, но и поможет в борьбе с будущими пандемиями.

«Экспрессия генов описывается двумя параметрами: среднее число копий РНК и шум (отклонение) в числе копий РНК. Практически все исследования по регуляции экспрессии генов фокусируются на определении изменений в среднем числе копий РНК при заболеваниях либо при других условиях эксперимента. Нас же заинтересовали изменения в генном шуме: как независимая величина, отражающая стабильность функционирования биологической системы, и как фактор риска развития патологий, — рассказывает ведущий научный сотрудник лаборатории генетики лабораторных животных ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН», научный сотрудник лаборатории молекулярной цитогенетики Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН кандидат биологических наук **Юрий Михайлович Мошкин**. — Действительно, увеличение генного шума неизбежно повлечет за собой рост отклонений в числе копий белка на клетку, а дальше, поскольку многие белки являются ферментами, этот процесс приведет к нежелательным флуктуациям (случайным отклонениям) в концентрации метаболитов и, как результат, к разбалансировке всех функций организма. Подобное состояние возникает при старении организма (ранее в одной из наших работ мы показали, что с возрастом генный шум возрастает для большинства генов, также у людей в годах увеличиваются общие риски развития патологий: рак, деменция, метаболические нарушения и так далее). Поэтому шум генов хорошо отражает старение организма и неизбежно связанные с ним патологические процессы на уровне разбалансировки экспрессии генов, а не на уровне изменений в средней экспрессии отдельных генов».

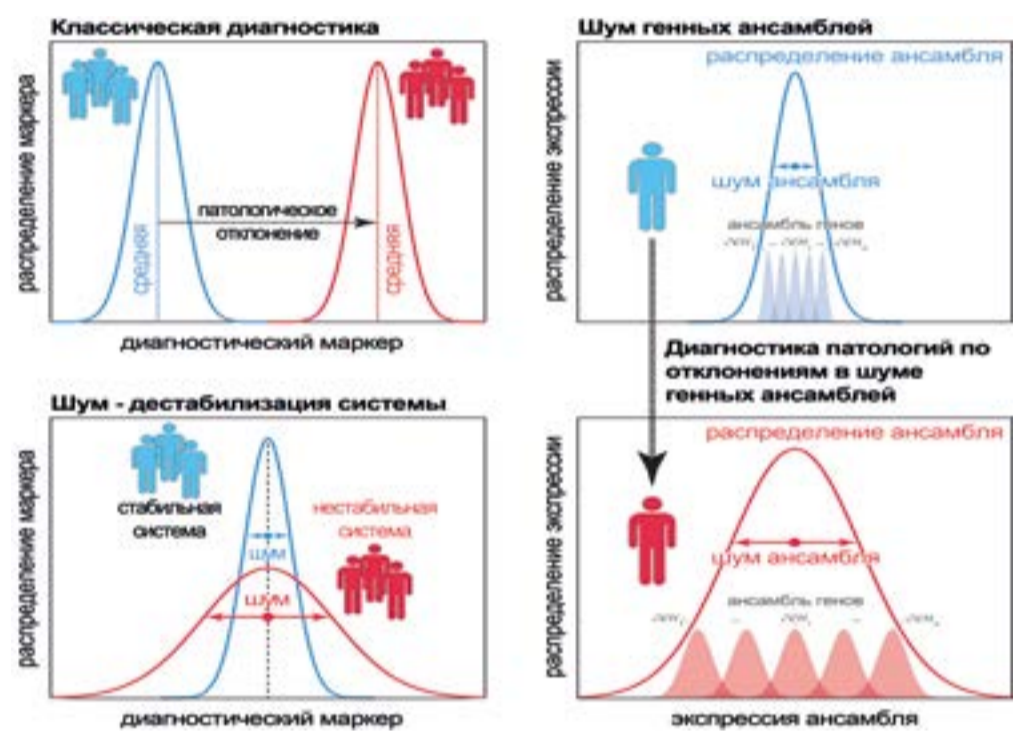
На практике генный шум можно определить, только исследуя популяцию людей или животных и, например, после проведения статистического сравнения по каждому гену для выборки пациентов, больных каким-либо заболеванием (COVID-19, рак и так далее), по отношению к здоровым. Но как определить генный шум для конкретного человека? Теоретически это возможно сделать путем многократных измерений экспрессии генов в течение некоторого времени, чтобы понять, насколько ус-

тойчива экспрессия генов у индивидуума в конкретный промежуток времени. Однако для медицинской диагностики это неприменяемо, поскольку в таком случае человек должен будет сдавать анализы в течение месяца практически каждый день. Однако, так как шум является статистическим признаком, необходима какая-то выборка.

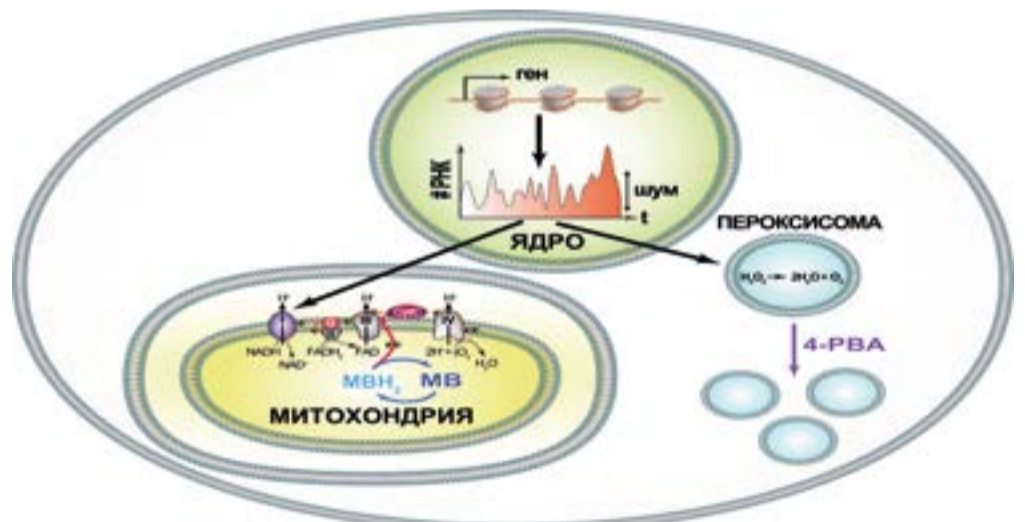
«Здесь возник первый Eureka moment (момент прозрения) — мы можем определить генный шум не для отдельных генов, а для их наборов, объединенных общими свойствами по какому-либо признаку, что мы и назвали шумом генных ансамблей. Примечательно, что любые изменения в шуме генных ансамблей будут отражать изменения как в самом генном шуме, так и нарушения в стехиометрии (пропорциях) в экспрессии генов ансамбля. И первое, и второе будет свидетельствовать о разбалансировке экспрессии ансамбля, а значит, и о нарушениях в биологических функциях, за которые он отвечает. Таким образом, концепция шума генных ансамблей позволяет выявлять и исследовать нарушения не на уровне индивидуальных генов, как это обычно делается, а целиком для биологических функций, кодируемых ансамблями генов», — отмечает Юрий Мошкин.

Мировая пандемия COVID-19 предоставила ученым возможность проверить разрабатываемый подход на практике, хотя изначально у исследователей не было доступных данных по экспрессии генов в крови у пациентов, инфицированных коронавирусом. «Тут возник второй Eureka moment. Я задался вопросом: а почему вообще вирус приводит к смерти? На самом деле на репликацию вирусных частиц уходит всего лишь 2% клеточной энергии (АТФ), то есть для клетки, в наиболее общем смысле и отбросив специфические варианты взаимодействия вируса с клеткой, наличие вируса не представляет какой-то серьезной проблемы. Так что же приводит к гибели? В большинстве случаев риск смерти обуславливается острой иммунной реакцией организма хозяина на патоген, то есть сепсисом. Он возникает как при вирусных, так и при бактериальных инфекциях, и ключевым моментом при его развитии является резкое увеличение энергозатрат, обусловленное ростом воспалительного процесса. При сепсисе затраты клеточной энергии увеличиваются на 20–50%, а при септическом шоке еще больше, в итоге организм убивает сам себя», — добавляет ученый.

К сожалению, современная медицина не умеет эффективно лечить сепсис. Например, в Нидерландах и Великобритании ежегодный процент смертности от сепсиса у пациентов реанимационных отделений составляет около 20–30%, без влияния коронавируса. Большая часть смертей от COVID-19 вызвана пневмонией, которая развивается из-за воздействия сепсиса. Поскольку создание вакцин и



Верхний левый угол: классическая диагностика основывается на регистрации отклонений (увеличение/уменьшение) в каком-либо признаке. Нижний левый угол: шум — независимая от средней величина, указывающая на степень флуктуации в каком-либо признаке. Увеличение шума в экспрессии генов, белков и концентрации метаболитов сигнализирует о дестабилизации организма, т. е. патологическом процессе. Правая панель: шум генных ансамблей позволяет определять патологические отклонения по флуктуациям в функционально связанных генах (ансамблях) и выявлять патологию для конкретного индивидуума



При сепсисе и вирусных заболеваниях (COVID-19, свиной грипп) происходит патологическое увеличение в шуме генных ансамблей, связанных с дыхательной цепью переноса электронов в митохондриях, биогенезом пероксисом и другими процессами

поиск специфических противовирусных препаратов требуют времени и определенного везения, авторы исследования предположили, что первой линией обороны от новых пандемий (в том числе и коронавируса) может стать эффективное лечение сепсиса. Тем самым человечество может быть подготовлено как к пандемии COVID-19, так и к любой другой, новой.

Держа эти рассуждения в уме, ученые занялись исследованием шума генных ансамблей у пациентов реанимационных отделений Нидерландов и Великобритании с пневмонией и сепсисом, вызванными бактериальной инфекцией. Для сравнения в работе использовались данные по РНК-секвенированию крови больных свиным гриппом H1N1 на ранней и поздней стадиях заражения. В итоге ученые обнаружили, что генный шум су-

щественно возрастает у больных сепсисом и у больных свиным гриппом, тем самым подтвердили тезис об общей дестабилизации экспрессии генов. Кроме того, изменения в шуме генных ансамблей оказались достаточно схожими как у больных сепсисом, так и у больных свиным гриппом, поэтому поиск путей лечения сепсиса действительно будет являться первичным инструментом для борьбы с любыми пандемиями на ранней стадии, до создания вакцин и противовирусных препаратов.

«Обнаруженные нами изменения в шуме генных ансамблей дают основания предположить, что при сепсисе дестабилизируются функции митохондрий, пероксисом и других биологических путей. Следовательно, в данном случае анализ шума генных ансамблей позволяет обнаруживать новые фармакологические мишени (которые

## Ученые исследовали древние миграции

Международная группа, в состав которой вошли сибирские и дальневосточные ученые, проанализировала 166 полных геномов людей, проживавших в Восточной Азии в течение последних восьми тысяч лет. Исследование показало, что коренные народы российского Дальнего Востока развивались по собственному, самобытному пути. Они имеют генетическое сходство с древними жителями Японии, Тайваня и коренными американцами. Эти и другие результаты исследования опубликованы в Nature.



Побережье Тихого океана

В истории населения Восточной Азии до сих пор много неизвестного, поскольку пока накоплено мало данных о древних ДНК проживавших там людей. Международная группа ученых под руководством Дэвида Райха из Гарвардского университета решила восполнить этот пробел. Специалисты проанализировали результаты генетических исследований образцов, полученных из останков 166 древних людей, ранее проживавших на территории Восточной Азии. Полученные данные сопоставили с генетической информацией о 383 современных жителях Китая и Непала, а также с уже опубликованными материалами.

«В соавторах этой статьи — существенное число ученых из Китая. Их главная задача — на основе палеогенетических данных установить происхождение китайцев. Кроме того, было важно исследовать население ближайших к Китаю территорий, включающих Тайвань, Японию, Дальний Восток России, Внутреннюю Азию и Тибет, — рассказывает заведующий кафедрой археологии, этнографии и музеологии Института истории и международных отношений Алтайского государственного университета доктор исторических наук Алексей Алексеевич Тишкин. — Эта статья отражает глобальные процессы и мало внимания уделяет отдельным популяциям. Ее специфика — в реконструкции путей распространения древних языковых групп. Что касается происхождения китайцев, то особых открытий сделано немного. Полученные результаты в целом подтвердили или дополнили уже известные заключения, сделанные до этого археологами и антропологами. Было показано: среди компонентов, которые сформировали китайский этнос, преобладали южные китайцы. Они освоили значительные территории Центральной равнины и оказали влияние на население других ближайших территорий. Рассматривались процессы взаимодействия на разных этапах, в том числе с северными народами. Дана оценка влияния миграции с запада. Более значимые материалы получены по Дальнему Востоку. Он представлял собой самостоятельную зону формирования особой цивилизации. В статье заложены направления дальнейшего научного поиска, так как по многим обозначенным аспектам материалов пока недостаточно».

Исследование показало, что коренные народы российского Дальнего Востока тысячелетиями развивали самобытную культуру, перенимая новые технологии соседей постепенно, а не в результате мощных миграционных потоков извне. При этом прослеживается их генетическое сходство с древними жителями Японии, Тайваня и коренными американцами.

«Для юга Дальнего Востока РФ удалось проследить генетическую преемственность коренного населения на протяжении последних шести-семи тысяч лет, начиная с периода нового каменного века (неолита) до современных приамурско-приморских малочисленных народностей. Судя по генетическим данным, замены населения не наблюдается. Скорее всего, большинство культурно-исторических изменений нашего региона происходили в результате самобытного развития местного населения. В определенные периоды оно воспринимало технологические, адапционные и иные внешние новации, приходившие с незначительными миграционными притоками. Появление этих людей вдоль Тихоокеанского побережья России можно связать с более ранним периодом, около 40–15 тысяч лет назад», — приводит пресс-служба Дальневосточного федерального университета слова директора Учебно-научного музея Школы искусств и гуманитарных наук кандидата исторических наук Александра Николаевича Попова.

Раньше высказывались гипотезы, что южные азиаты продвигались по побережью Тихого океана на север и таким образом сформировали там свои социумы. Сейчас же ситуация видится ученым по-другому. По всей видимости, на территории Дальнего Востока России создавался свой особый мир — с особым климатом, другими людьми, другим хозяйством, и земледелие туда пришло не из Китая.

«Полученные результаты приближают нас к более детальному пониманию процессов взаимовлияния и смены культур в Дальневосточном регионе. Иными словами, не всегда изменение археологических материалов (типов орудий, форм сосудов) указывает на смену их носителей, на новую этническую группу. Анализ ДНК показывает, что от неолита до эпохи палеометалла этнический состав носителей за-

фиксированных археологических культур изменился не так кардинально, как это считалось ранее», — отмечает ведущий научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН доктор исторических наук Андрей Владимирович Табарев.

В статье рассматривались и процессы взаимодействия древнего населения Китая с северными центральноазиатскими популяциями. «В течение нескольких полувек сезонов наша экспедиция исследовала в Западной Монголии памятники так называемой чумурчекской культуры, которые датируются второй половиной III тысячелетия — началом II тысячелетия до нашей эры. Это европеоиды, которые мигрировали с запада и создали свой мир вокруг Монгольского Алтая и в восточной части Сынцзяна. Фиксируются взаимодействия представителей чумурчекской культуры с центральноазиатскими автохтонными группами, которые сформировались там с периода неолита. Мы дали этим контактам предварительную оценку и обозначили необходимость дальнейшего изучения возможных влияний северных центральноазиатских народов на древнее население Китая, — говорит Алексей Тишкин. — На мой взгляд, сейчас важно переходить к более детальным палеогенетическим исследованиям конкретных древних коллективов, и затем уже на этой основе осуществлять глобальные реконструкции. В том числе касающиеся происхождения современных народов и целых языковых групп. Необходимо изучить неолит Сибири и Монголии. Это мощный фундамент, на который потом накладывались волны мигрантов-европеоидов из Передней Азии и Европы. Именно на таком фундаменте сформировались многие известные нам азиатские народы. Когда мы будем иметь более понятную картину, что представляло собой население периода неолита Сибири и Монголии, то сможем двигаться дальше и изучать, как происходило взаимодействие народов на следующих этапах истории. На мой взгляд, важность опубликованной статьи больше в постановке тех вопросов и направлений, которыми исследователям необходимо заниматься в ближайшем будущем».

обычно ускользают при простом анализе изменений в средней экспрессии генов). Исходя из этого, мы предложили, что можно использовать ряд известных и относительно безопасных фармакологических препаратов для стабилизации данных функций и, возможно, для лечения сепсиса. Кроме того, на этапе публикации статьи стали доступны данные по экспрессии генов в крови и для пациентов с COVID-19. И, к нашему счастью, оказалось, что в данном случае происходят достаточно схожие изменения в шум генных ансамблей по сравнению с больными сепсисом и свиным гриппом. А значит, ключом к раннему реагированию на пандемию должен стать поиск эффективных подходов лечения сепсиса как саморазрушающей и неспецифической иммунной реакции организма на практически любой патоген», — говорит Юрий Мошкин.

Примечательно, что недавние исследования независимо подтверждают выводы ученых о том, что при развитии воспалительного процесса (сепсиса), как часть неспецифической иммунной реакции, нарушается функция митохондрий, что приводит к эффекту Варбурга. Он связан в основном с раковыми клетками, в которых нарушена функция митохондрий и клеточный метаболизм перестраивается на активный гликолиз. В современной онкологии уже отрабатывается ряд подходов к лечению рака путем восстановления функции митохондрий и подавления гликолиза, то есть эффекта Варбурга. Подобные явления наблюдаются и в иммунных клетках при развитии острой воспалительной реакции. Таким образом, для лечения сепсиса, гриппа, коронавируса и так далее можно заимствовать подходы из онкологии. Кроме того, другим немаловажным маркером сепсиса является окислительный стресс — это процесс, при котором происходит накопление реактивных форм кислорода (пероксид водорода, супероксид и другие), которые и повреждают клетки организма. Здесь на сцену выходит пероксисома — клеточная органелла, участвующая в удалении активных форм кислорода. Иными словами, увеличение шума в геномном ансамбле, кодирующем компоненты пероксисомы, дает молекулярное объяснение окислительному стрессу при сепсисе и указывает на то, что препараты, способствующие биогенезу (формированию) пероксисом, также могут использоваться для лечения сепсиса, гриппа, коронавируса.

Благодаря исследованию ученых шум генных ансамблей может использоваться для диагностики различных заболеваний, включая прогнозирование вероятности смерти при сепсисе, предсказания, насколько остро будет проходить коронавирусная инфекция, эффективности лечения рака, посттравматического стрессового расстройства. В случае сепсиса авторы работы сделали также ряд интересных открытий: «Мы установили, что вероятность смерти слабо зависит от возраста, шум генных ансамблей оказался эффективным для подобной диагностики. Точность наших моделей для предсказания смертности при сепсисе превзошла диагностическую модель, разработанную крупным голландским консорциумом Molecular Diagnosis and Risk Stratification of Sepsis, которая основывалась на более традиционном подходе. Таким образом, шум генных ансамблей может широко использоваться для диагностики различных заболеваний и, что не менее важно, для поиска альтернативных мишеней и разработки новых способов лечения, в частности путем перепозиционирования известных фармакологических препаратов», — рассказывает Юрий Мошкин.

Андрей Фурцев

Иллюстрации предоставлены Юрием Мошкиным

АКТУАЛЬНО

## Кусачий зверь холера морбус — пандемия XIX века

Неизвестная болезнь, десять лет бушевавшая в Индии и Персии, к началу XIX века постепенно охватила всю Европу.

С этого момента мир пережил семь пандемий холеры, или собачьей смерти, как ее прозвали в народе.

Самой тяжелой из них стала вторая, в 1820-е годы проникшая в Российскую империю через Каспий и Нижнее Поволжье.

За короткий период страна преодолела несколько холерных волн, которые сопровождалась жесткими карантинами, конспирологической осадой, убийствами врачей и народными бунтами.

«У нас в окрестностях — *Cholera morbus* (очень миленькая особа)»

В августе 1823 года в столицу сообщили о первых случаях заболевания холерой, зафиксированных в Баку, а уже спустя месяц опасная бактерия добралась до Астрахани. Количество зараженных людей было незначительным, и во многом благодаря аномальной холодной зиме местным властям удалось подавить распространение болезни.

Однако спустя шесть лет с поля Русско-турецкой войны на родину возвращается русская армия, в то же время проходит большая весенняя ярмарка в Оренбурге, куда прибывают торговые караваны из Средней Азии. Отсюда в считанные недели микроб прокладывает водный маршрут через Волгу в самое сердце европейской части России. В течение двух с половиной месяцев холера поразила Саратов, Казань и Нижний Новгород. В сентябре 1830 года эпидемия достигла Московской губернии и продвинулась дальше в Прибалтику и Западную Европу.

Широкому распространению инфекции способствовала повсеместная антисанитария, характерная для бурно растущих российских городов, где еще не было налаженной системы водоснабжения, ни представления об очевидных сегодня гигиенических нормах, таких как кипячение воды. В то время еще никто не понимал, что именно сырая вода, которую жители городов брали прямо из каналов и рек, была одним из главных переносчиков холерного вибриона. Кроме того, Россия в этот момент участвовала в двух военных кампаниях, в Турции и Польше, где холера уже активно выкашивала армейские ряды.

Дополнительным фактором быстрого распространения болезни по губерниям в первые месяцы стала Макарьевская ярмарка, традиционно проводившаяся у Нижнего Новгорода. Узнав о холере, правительство решилось отменить ярмарку, но с опозданием, слишком высока была ее значимость для торговли и экономики. «На дороге встретил я Макарьевскую ярманку, прогнанную холерой. Бедная ярманка! Она бежала, как пойманная воровка, разбросав половину своих товаров, не успев пересчитать свои барыши!» — сообщал в письмах друзьям Александр Сергеевич Пушкин. Тем летом поэт выехал из Москвы в родовое имение Болдино в Нижегородской губернии, таким образом неосознанно двигаясь навстречу холере, стремительно охватывавшей города. Добравшись до имения, писатель был вынужден провести там три месяца вместо запланированных трех недель. Во всех близлежащих поселениях и городах ввели строгий карантин, а на дорогах дежурили санитарные кордоны. Писатель оказался изолирован. «Приехал я в деревню и отдыхаю. Около меня холера морбус. Знаешь ли, что это за зверь? Того и гляди, что забежит в Болдино, да всех нас перекушает!» — с долей иронии писал он своему другу Петру Александровичу Плетнёву. Однако в карантине Пушкина посетила муза, а не болезнь. В период Болдинской осени он создаст одни самых известных своих сочинений: «Повести Белкина», «Сказ о попе и работнике его Балде», «Маленькие трагедии», последние главы «Евгения Онегина» и множество других.

В это время московские власти приняли решение разделить город на 20 медицинских частей. За реализацию противоэпидемических мероприятий отвечали попечители, составившие Попечительную комиссию. Каждый день пятеро из них собирались на оперативное совещание в доме генерал-губернатора **Дмитрия Владимировича Голицына**. Попечители избирали себе помощников, которые отвечали за инспекцию определенных кварталов. Аналогичную волонтерскую должность в Болдино занимал и Пушкин. Помощники должны были обследовать дома обывателей на предмет соблюдения чистоты. Зависимость распространения холеры от соблюдения гигиенических норм уже была понятна, хотя знание это было скорее интуитивным, чем медицински обоснованным.

Размах движения волонтеров и жертвователей был значительным. **Александр Иванович Герцен**, сравнивая в «Былом и думам» общественный отклик на эпидемию в Париже и Москве, с гордостью пишет о самоотверженности жителей первопрестольной столицы: «В несколько дней было открыто двадцать больниц, они не стоили правительству ни копейки, всё было сделано на пожертвованные деньги. Купцы давали даром всё, что нужно для больниц, — одеяла, белье и теплую одежду, которую оставляли выздоравливавшим. Молодые люди шли даром в смотрители больниц для того, чтоб приношения не были наполовину украдены служащими. Университет не отстал. Весь медицинский факультет, студенты и лекаря *en masse* привели себя в распоряжение холерного комитета; их разослали по больницам, и они остались там безвыходно до конца заразы... Явилась холера, и снова народный город показался полным сердца и энергии!»

### Холерная фобия и врачи-убийцы

Несмотря на принятые карантинные меры, справиться с эпидемией не удавалось: врачи до сих пор не имели опыта борьбы с загадочной и жуткой болезнью. В начале XIX века о бактериях и вирусах науке еще ничего не было известно, микробиология лишь начинала свое развитие. Со времен средневековой чумы в объяснении механизмов заражения абсолютное большинство специалистов по всему миру придерживалось теории миазмов — ядовитых испарений, разносящихся по воздуху. Поэтому с приходом в Россию и Европу индийской заразы медики оказались в растерянности. Подручными средствами в борьбе с болезнью, как правило, были хлор, деготь, хвойные растворы и уксус, которыми обрабатывали все жилые помещения. Официальные врачебные рекомендации советовали больным холерой разнообразные профилактические средства: кровопускание, теплую ванну, питье теплого отвара из ромашки, мяты, шалфея, Melissa или других ароматных трав, натирание тела спиртом, скипидаром или вином, настоящим на горчице, пиваки.

Сама же болезнь могла продолжаться от нескольких часов до недели, при этом около 50 % заболевших холерой умирали. «Французский культуролог **Филипп Арьес**, исследуя образы смерти в разных культурах, писал, что XIX век был эпохой,



Пётр Кончаловский. «Пушкин, сочиняющий стихи». 1937–1944 гг. Холст, масло

когда смерть всячески эстетизировалась, — рассказывает доцент Гуманитарного института Новосибирского государственного университета доктор филологических наук **Дмитрий Владимирович Долгушин**. — Однако в холерной кончине не было ни капли эстетики. Болезнь сопровождалась неукротимой рвотой и поносом, организм человека быстро обезвоживался, капельниц не было. Нарушался электролитный баланс, что приводило к сильным судорогам. Человек умирал в скорченном состоянии, окостеневшее тело невозможно было похоронить в обычном гробу».

Находясь в карантине под Петербургом, в Царском Селе, поэт **Василий Андреевич Жуковский** писал своим друзьям: «В холере пугает меня не смерть, а блевотина, ... и разные конторзии, которые продолжают несносно долго и наконец сгибают тебя в крючок, так что после и в гроб не уляжешься и надобно вместо гроба доставать для тебя кулек, как для какой-нибудь мертвой индейки. Все эти проказы мне очень не нравятся, и в таком непристойном виде не хотелось бы мне явиться в вечность!»

Одной из насущных проблем в период эпидемии был психологический стресс. Московский почт-директор **Александр Яковлевич Булгаков** писал своему брату в Петербург, практически каждый день сообщая об обстановке в городе. В начале пандемии Булгаков был настоящим холер-диссидентом: «Прежде всего должен я тебя успокоить, мой милый и любезнейший брат, насчет холеры... Поверь, что холера в одном воображении медиков, трусов или тех, кои спекулируют на награждении и высочайшей милости. Всякое головокружение, рвоту или понос принимают теперь за холеру, и те, коим пускают кровь, коих лечат от мнимой холеры, те только и умирают. Ну может ли быть, чтобы в таком городе, как Москва, не более умирало двух и до четырех человек болезнью столь прилипчивою, какие бы ни брали предосторожности. Ежели бы язва сия точно была, она более бы находила жертв... Есть здесь болезнь, но это не холера, а просто страх, трусость; от оных точно умирают многие, потому что все без нужды пускают себе тотчас кровь».

Спустя две недели мнение Булгакова о болезни меняется кардинально: «Как

будто я оспариваю существование холеры! От чего же умирает по 200 человек в день?.. Ты читал все мои письма к великому князю: разве я утверждаю это? Ни ему не писал я это, ни другому; но тебя уверяю, что небрежение, худые меры, нерадение или оплошность докторов. Бездна умерла таких людей, кои остались бы живы, а прослыли жертвою холеры».

«В корреспонденции братьев Булгаковых неоднократно упоминаются всевозможные фобии и паника вокруг болезни, — рассказывает Дмитрий Долгушин. — Сложившаяся обстановка вытаскивала архетипические страхи, которым были подвержены как необразованные простолюдины, так и аристократы. Например, среди простонародья распространилось поверье, что холера в образе белой женщины бродит по ночным улицам и стучит в двери. В доме, куда она постучала, обязательно кто-то умрет. Пытаясь обмануть холеру, некоторые горожане вывешивали объявление на входных дверях: «Никого нет дома» или «Посторонним вход воспрещен». В то же время у писателя **Ивана Сергеевича Тургенева** была настоящая холерная фобия. Его друг, поэт **Яков Петрович Полонский**, вспоминал, как писатель рассказывал о себе: «Мысль, что меня вот-вот захватит холера, ни на минуту не перестает меня сверлить, и что бы я ни думал, о чем бы ни говорил, как бы ни казался спокоен, в мозгу постоянно вертится: холера, холера, холера...».

Незаятые казенные здания отдали под холерные больницы и обсерваторы, куда привозили как больных, так и здоровых. Город окружили карантинные заставы, проезжающие через кордон должны были остановиться и пробыть на карантине 14 дней. Однако применение военной силы фактически усугубляло кризис. Связанные с эпидемией страх и ущемления автоматически переносились на представителей власти: полицейских, санитаров, врачей, вторгшихся в размеренный темп жизни обывателей, которые сопротивлялись вводимым карантинным ограничениям. Санитарные кордоны на дорогах и холерные бараки, куда насильно помещали больных без права посещения родственников, вызвали негодование и стойкое неприятие к врачам, прослывшим отравителями

и убийцами. Профессор литературы **Александр Васильевич Никитенко** отмечал в своем дневнике: «Лазареты устроены так, что они составляют только переходное место из дома в могилу... туда забирают без разбора больных холерой и не холерой, а иногда и просто пьяных из черни, кладут их вместе. Больные обыкновенными болезнями заражаются от холерных и умирают наравне с ними...»

Даже в самый разгар эпидемии подозрительное отношение к медицине всё еще было общим для жителей всех русских городов, включая столичные. Врачам, среди которых было много иностранцев, не доверяли, а порой и вовсе обвиняли в том, что они намеренно травят и морят народ. В людных местах, на рынках и перекрестках, обнаруживали таблички с угрожающими заявлениями: «Ежели доктора-немцы не перестанут морить русский народ, то мы их головами выместим Москву!»

Чтобы развеять суеверия и мятежные волнения в умах, **Александр Анфимович Орлов** пишет сказку «Встреча Чумы с Холерой», где доступным языком описывает причины болезни и убеждает, что лучшим способом противостояния ей будет доверие властям. «Медицина со всеми своими порошками для меня не ужасна еще, — говорит в сказке Холера, — ибо я еще не открыта, но опасно для меня необыкновенное попечение правительства с его предосторожностями».

В целях пресечения крамольных слухов с началом эпидемии генерал-губернатор **Д. В. Голицын** инициировал официальный бюллетень, который нарекли «холерной газетой». В нем печатались актуальные новости о борьбе с эпидемией, рекомендации по мерам профилактики, а также статистика заражений и смертей. Впрочем, реальное количество заболевших, как правило, занижалось.

Легкой лихорадкой переболел и сам император **Николай I** во время своего приезда в Москву, где он посещал больницы, приюты и рынки в разных районах города, несмотря на серьезную угрозу заражения и увещевания родных не подвергаться риску. На фоне беспорядков, вызванных недоверием к действиям медиков, полицейских и градоначальников, открытое появление государя на улицах помогло вернуть уважение к власти. Бесстрашное поведение императора, действительно очень рискованное для здоровья, вызвало восторг даже у оппозиционно настроенных скептиков. Поступок правителя вдохновил **А. С. Пушкина** на стихотворение «Герой», а друг поэта **Пётр Андреевич Вяземский** увидел в нем «христианское и царское рыцарство, которое очень к лицу владыке... Выезд царя из города, объятаго заразою, был бы, напротив, естественен и не подлежал бы осуждению, — следовательно, приезд царя в таковой город есть точно подвиг героический».

С гораздо меньшим воодушевлением на визит Николая I отреагировали московские врачи. Прозвище **Николай Палкин**, данное ему Герценом за жесткие армейские методы правления, нередко проявлялось и в его отношении к работе медиков. Пытаясь на первых порах победить холеру штыками, Николай наказывал врачей, пациенты которых умирали в разгар эпидемии. Еще находясь на карантине в Твери, император приказал разжаловать главного врача доктора **Пфеллера** до рядового полевого хирурга, поскольку его больница показала чрезвычайно высокий уровень смертности, и понижение должно было оставаться в силе до тех пор, пока не произойдет улучшение статистики. Однако репрессии не улучшали показатели, а медицинского персонала постоянно недоставало. В итоге была введена

система поощрений, врачам стали платить повышенное жалование, многие получили государственные награды.

К концу 1830 года Москве удалось утихомирить холеру, хотя и немалыми жертвами. Показатели смертности были ниже, чем в Астрахани, а заболеваемость намного ниже, чем на юге. Снятие московских карантинных кордонов в декабре для многих стало знаком завершения эпидемии. Россияне ослабили бдительность и забыли о страхах, однако холера продолжала разрушать границы в течение зимы 1830—1831 годов, постепенно подступая к Северной столице.

### Холерный бунт — бессмысленный и беспощадный

Холерные волны могли возвращаться год за годом, особенно обостряя эпидемическую ситуацию в летние периоды. В 1831 году болезнь проникла в Санкт-Петербург, Польшу, а оттуда в страны Западной Европы. Помня об опыте преодоления пандемии в Москве, власти столицы приняли усиленные меры, чрезмерность которых, однако, для многих оказалась скорее губительной, чем исцеляющей.

Литератор **Пётр Петрович Каратыгин** в своей статье «Холерное кладбище на Куликовом поле» рисует тревожную картину холерного Петербурга: «Больничные кареты разъезжали по городу и в них забирали заболевавших на улицах и в домах. Чтобы попасть в подобную карету, жителю Петербурга, в особенности простолюдину, достаточно было или быть под хмельком, или присесть у ворот, у забора, на тумбу. Не слушая никаких объяснений, полицейские его схватывали, вталкивали в карету и везли в больницу, где несчастного ожидала зараза — если он был здоров, и почти неизбежная смерть — если был болен. Умирали в больницах вследствие чрезмерного старания и совершенного неумения докторов. С ожесточением вступая в борьбу с холерой в лице больных, бедные врачи были к ним безжалостны. Мушки, горчичники, микстуры, горячие ванны — наконец, кровопускания... вся эта масса средств рушилась на несчастных больных целой лавиной и, разумеется, всего чаще их придавливала».

Чрезвычайно активная деятельность полицейских, врачей, чиновников, которая нередко шла во вред, удобряла почву для крамольных слухов и конспирологии. Среди отрицавших холеру были как обвинявшие медиков в подкупе и злобности, так и убеждавшие в том, что тяжелая ситуация в городе саботирована поляками, немцами или бежавшими из

Сибири декабристами, которые отравляют колодцы и огороды, подмешивают отраву в пищу и воду.

Между тем большинство медицинских работников противостояли холере искренне и бесстрашно, многие из них заразились и умерли. «Однако, несмотря на самоотверженность врачей и усилия по научной проработке темы, адекватного подхода к лечению болезни найти так и не удалось, — рассказывает **Дмитрий Долгушин**. — Ведущим оставался метод английского медика **Корбейна**, который основывался на приеме опия и каломеля, а также кровопускания и растирания тела спиртом или водкой. Поразительно, насколько фанатично следовали этим совершенно неэффективным советам в период пандемии».

Борьба с холерой в имперской столице проводилась фактически в атмосфере военного положения. Удвоенный надзор полиции лишь усугубил кризис. Страх перед смертоносной болезнью вылился в яростное противодействие. Уже во второй половине июня Петербург охватили бунты и погромы, прежде всего обрушившиеся на лазареты и холерные кареты. Высокая смертность, до 600 человек в день, усугублялась аномальной жарой, что дополнительно способствовало антисанитарии.

В своих записках **Александр Христофорович Бенкендорф** сообщал: «Холера в Петербурге, возрастая до ужасающих размеров, напугала все классы населения, и в особенности простонародье, которое все меры для охранения его здоровья, усиленный полицейский надзор, оцепление города и даже уход за пораженными холерой в больницах начало считать преднамеренным отравлением. Стали собираться в скопища, останавливать на улицах иностранцев, обыскивать их для открытия носимого при себе мнимого яда, гласно обвинять врачей в отравлении народа».

Апогеем холерных беспорядков в столице стал бунт на Сенной площади, где бесчинствующая толпа разгромила здания больницы. «Все этажи в одну минуту наполнились этими бешеными, которые разбили окна, выбросили мебель на улицу, изранили и выкинули больных, приколотили до полусмерти больничную прислугу и самым бесчеловечным образом умертвили нескольких врачей», — описывал **А. Х. Бенкендорф**. Войска, выдвинутые на площадь, на некоторое время усмирили бесчинства, однако подавить бунт удалось лишь благодаря приезду императора, который призвал народ к ответу за смуту.

Эпидемическая обстановка в столице улучшилась, однако не экспертные знания и планомерные реформы привели к нор-

мализации. Правительство пришло к компромиссам лишь под влиянием широкого общественного недовольства. «Одной из ключевых проблем в борьбе с эпидемией в Санкт-Петербурге было преобладание административных механизмов в решении сложившейся проблемы, — рассказывает **Дмитрий Долгушин**. — Власти не стали привлекать общество к организации противозидемических мер по примеру Москвы, что в итоге стоило им дорого. Однако после бунта на Сенной площади правительство начало делать шаги в этом направлении. Впоследствии было приказано смягчить полицейскую инициативу и отменить принудительную госпитализацию. В газетах стали появляться публикации, рисующие положительный образ врача, на эту тему стали произноситься церковные проповеди».

К осени 1831 года холера отступила из столицы, однако вспышки периодически возникали и далее в разных частях империи. Вторая пандемия продолжалась вплоть до 1851 года, а новые холерные волны охватывали население России и Европы до конца XX века.

С 1829-го по 1831 год холерой в России переболело около 500 тысяч человек, около 200 тысяч из них умерли. Болезнь еще не была исследована, механизм ее передачи неизвестен, методы лечения по большей части ошибочны. Игнорирование угрозы и пренебрежение карантинными нормами приводили к новым вспышкам заражений. Стремясь пресечь распространение холеры, правительство задействовало исключительно чиновничество, принимая всё более и более жесткие меры. В ответ на это следовали народные волнения и бунты, которые нередко подавлялись силой (в 1832 году за несоблюдение карантина была введена смертная казнь). Круг замыкался.

Последствия холерной эпидемии для Российской империи были катастрофическими, однако новые волны, в конце концов, стали толчком к серьезным изменениям внутренней политики. Опыт борьбы с болезнью в Москве оказался более успешным, чем в Петербурге, так как властям удалось оживить общественную инициативу, привлечь благотворителей и волонтеров, а также упрочить экспертный статус врачей. В Петербурге же была сделана ставка на полицейские меры, что в итоге привело к бунту на Сенной площади. Как только жесткий контроль ослабился, а между властью и горожанами был налажен диалог, эпидемия пошла на спад.

Глеб Сегада

Иллюстрации из открытых источников



Книжная иллюстрация XIX века



Николай I во время холерного бунта на Сенной площади. Литография. 1839 год

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, проспект Академика Лаврентьева, 17), а также газету можно найти в НГУ, НГТУ и в VIP-зале аэропорта «Толмачёво».

Адрес редакции, издательства:  
Россия, 630090, г. Новосибирск,  
проспект Академика Лаврентьева,  
17. Тел.: 238-34-37.

Мнение редакции может  
не совпадать с мнением авторов.  
При перепечатке материалов  
ссылка на «НвС» обязательна.

Отпечатано в типографии  
ООО «ДЕАЛ»: 630033,  
г. Новосибирск,  
ул. Брюллова, 6а.

Подписано к печати: 26.10.2021 г.  
Объем: 2 п. л. Тираж: 1700 экз.  
Стоимость рекламы:  
80 руб. за кв. см.  
Периодичность выхода газеты —  
раз в неделю.

Рег. № 484 в Мининформпечати  
РСФСР от 19.12.1990 г.,  
ISSN 2542-050X.  
Подписной индекс 53012  
в каталоге «Пресса России»:  
подписка-2021, 2-е полугодие.  
E-mail: presse@sb-ras.ru,  
media@sb-ras.ru  
Цена 13 руб. за экз.

© «Наука в Сибири», 2021 г.

## ВАКАНСИЯ

Ищем журналиста  
в издание «Наука в Сибири»

**Требования к кандидату:**  
человек с высшим образованием, который хотел бы улучшать и развивать вместе с нами «Науку в Сибири», рассказывать о том, чем занимаются ученые.  
Вы должны быть любознательным и дотошным (в хорошем смысле). У вас должно быть или профильное образование по журналистике или опыт работы в этой сфере.  
Необходимые навыки:  
нужно уметь писать тексты на разные темы, связанные с наукой, примерно по два-четыре текста в неделю в зависимости от объема и сложности. Плюс будет умение фотографировать.  
**Условия:** полный рабочий день, белая зарплата, оплачиваемые отпускные и больничные, арплата средняя по рынку.  
Вопросы и резюме с портфолио присылайте на e-mail: media@sb-ras.ru.

По этой ссылке  
вы можете  
присоединиться  
к нашей группе  
в «ВКонтакте»

Сайт «Науки в Сибири»  
www.sbras.info



# ТАТЬЯНА ПАВЛОВНА ПОПОВА (25.03.1940 – 25.10.2021)

После продолжительной болезни на 82-м году ушла из жизни **Татьяна Павловна Попова** — старейший сотрудник Сибирского отделения, главный специалист отдела физических наук УОНИ, добрый, отзывчивый, замечательный человек.

Татьяна Павловна начала свою деятельность в аппарате Президиума СО АН СССР в сентябре 1983 года в должности старшего инспектора по основной деятельности УОНИ. В мае 1984 года была переведена на должность ведущего инспектора по основной деятельности УОНИ. С октября 1990 года являлась специалистом 1 категории УОНИ. С января 1998 года — ведущий специалист УОНИ. С июля 2008 года по сентябрь 2021 года — главный специалист УОНИ.

Вся деятельность Татьяны Павловны связана была с Объединенным ученым советом СО РАН по физическим наукам, где ее организующая и объединяющая роль

была определяющей. Именно благодаря ее умению (своим теплым отношением и своими песнями) привлечь к себе и сплотить вокруг себя самых разных людей наш ОУС заслуженно считался самым дружным из всех ОУСов.

Сибирское отделение РАН высоко оценило работу Татьяны Павловны: 1985 году ей было присвоено почетное звание «Заслуженный ветеран Сибирского отделения АН СССР», в 1986 году она была награждена медалью «Ветеран труда», была неоднократно награждена почетными грамотами Президиума СО РАН, в 2017 году ей была вручена памятная юбилейная медаль СО РАН в связи с 60-летием Сибирского отделения РАН.

Коллеги глубоко скорбят в связи с уратой и выражают соболезнования родным и близким.

Коллеги по УОНИ,  
члены ОУС по физическим наукам



## СПЕЦПРОЕКТ

# 2021-й — Год науки и технологий

Продолжаем спецпроект, в котором сибирские ученые представляют свои самые яркие, прорывные разработки.

## Институт автоматизации и электрометрии СО РАН

### Лазерные фемтосекундные системы прецизионной микрообработки

Для решения задач обработки оптических материалов с высоким качеством и микронным и выше разрешением, особенно хрупких, таких как стекло или керамика, еще несколько лет назад в основном использовались механическая обработка или травление. При этом при травлении стекла использовалась опасная и вредная для производственного персонала плавиковая кислота. Применение для этой цели лазерных технологий с источниками непрерывного излучения и нано- и микросекундными длительностями не обеспечивало конкурентного сравнительно с травлением качества, поскольку тепловые эффекты, возникающие при лазерной обработке, вызывали в таких материалах дефекты: микросколы, трещины, внутренние напряжения, застывшие выбросы расплава вокруг зоны обработки.

Ученые ИАиЭ СО РАН разработали прецизионные технологии и системы на основе фемтосекундных лазеров для бездефектной трехмерной обработки хрупких диэлектрических материалов и высокотемпературных металлов.

Лазерные комплексы состоят из лазерной рабочей станции на основе фемтосекундного лазера (ЛРС-Ф) и конфокального оптического профилометра для контроля качества полученных изделий.

ЛРС-Ф предназначена для микрообработки изделий из металла, керамики, кристаллических материалов и оптического стекла путем трехмерной послойной обработки поверхности, рез-

ки и регулируемой объемной оптической модификации прозрачных материалов. Она обеспечивает высокую точность и разрешение, возможность обработки хрупких материалов без микротрещин и сколов методами прямой лазерной обработки.

Ее особенности: высокое быстродействие, универсальность и гибкость, благодаря использованию встроенных оптических датчиков и измерительных систем, оригинального аппаратно-программного обеспечения, а также возможность проведения записи как в режиме последовательного формирования полной зоны обработки в стартопном режиме, так и при непрерывном движении рабочего стола.

ЛРС-Ф содержит лазерный датчик расстояния до обрабатываемой заготовки, высокоразрешающую систему технического зрения, что позволяет осуществить точный контроль фокусного расстояния в автоматическом режиме, упрощает настройку системы и при необходимости обеспечивает обработку выбранной зоны изделий с автоматическим или визуальным совмещением проекта с реперными точками объекта.

Оригинальный встроенный контроллер и специальное математическое обеспечение ориентировано как на исследовательское, так и на промышленное (в полностью автоматическом режиме) использование системы. Встроенные системы технического зрения высокого разрешения позволяют проводить контроль качества и точное совмещение изделия с САД-проектом в ручном и автоматическом режиме.

Второй компонент лазерных комплексов — конфокальный оптический профилометр — осуществляет автоматический контроль качества формирования сетки на поверхности стекла фемтосекундным лазерным излучением и совмещение с САД-моделью.

Лазерные комплексы позволяют прецизионно формировать трехмерный рельеф на поверхности и в объеме стеклянных, кристаллических, полимерных, композитных заготовок изделий оптики, оптомеханики, микромеханики, при обработке металлических и полупроводниковых материалов (оптическая, радиоэлектронная, электронная промышленность).

С 2015 года комплексы используются на предприятиях концерна «Швабе» (Новосибирский приборостроительный завод), с 2017-го — на Вологодском оптико-механическом заводе.

Там они применяются для прецизионного формирования с субмикронным разрешением топологии оптических шкал, сеток и лимбов серийно выпускающихся изделий методами прямой лазерной записи, как на поверхности, так и внутри изделий из стекла и оптических кристаллов, формирования тонких металлических масок сложной формы.

Новые технологии, разработанные в институте и отработанные на производственных предприятиях, позволяют существенно (более чем в десять раз) увеличить производительность и улучшить условия труда.

