

# Из наномира – на землю

Ученые Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова создают умные приборы и системы



Научные проекты разные. Масштабные и не очень, устремленные в космос и земные, незаметные для постороннего глаза, но имеющие для человека ценность не меньшую.

Именно о таких изобретениях белорусских ученых мы решили рассказать в очередном выпуске цикла «Наука: жизнь замечательных идей».

## Путешествие в наномир

Увидеть что-то недоступное зрению человека, те же атомы, было давней мечтой человечества. Сначала придумали увеличительные стекла. По мере развития науки, изучения оптических свойств света – микроскопы. Но этого оказалось недостаточно, чтобы увидеть клетки живых организмов, вплоть до отдельных молекул и атомов. На помощь человеческому зрению пришли сканирующие методы, примеры зондовой микроскопии, цифровой регистрации, лазерной техники.

Научная мысль не стояла на месте. Изобрели электронные микроскопы. В этих устройствах заложен принципиально новый подход функцио-

нирования: образец «исследует» зонд из потока электронов или ионов.

Следующим важным шагом в изучении объектов сверхмалого масштаба стало создание сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ). Разновидностью их является атомный силовой микроскоп (АСМ), позволяющий видеть даже отдельные атомы.

– Правильнее будет сказать визуализировать, – уточняет заведующий лабораторией синтеза и анализа микро- и наноструктур Института тепло- и массообмена НАН Беларуси кандидат технических наук Сергей Филатов.

По его словам, атомный силовой микроскоп работает так: ультратонкий острый зонд, переме-



**Молодые ученые Института тепло- и массообмена изучают наномир микроскопами собственной разработки**

щаяся над поверхностью, «считывает» ее рельеф и свойства материала.

– Полученные данные лазерного датчика компьютер преобразует в изображение, – объясняет Сергей Александрович. – Таким образом определяется рельеф поверхности с разрешением от десятков ангстрем вплоть до атомарного.

**Зондовые методы позволяют увидеть даже атомы**

Вот это да! Надо сказать, что первый белорусский атомно-силовой микроскоп создали в Гомеле, в Институте металлополимерных систем имени В.А. Белого. В дальнейшем начатые работы были продолжены в Институте тепло- и массообмена под руководством академика Сергея Чижика.

В поиске более совершенного АСМ в ИТМО пошли дальше, соединив в единую систему атомный силовой и флуоресцентный оптический микроскопы. Это позволило создать высокотехнологичную систему, открывающую дверь в наномир.

**«Правильнее будет сказать визуализировать».**

– Одной из отличительных особенностей нашего АСМ является то, что можно проводить измерения для разных задач не только в высоком вакууме, как в сканирующих электронных микроскопах, но и при нормальных условиях, то есть на воздухе при атмосферном давлении и даже в жидкостях. И что особенно важно – механических и оптических свойств наноразмерных структур, в том числе упругости и твердости материала, – рассказывает Сергей Филатов. – Таким образом можно изучать и структуру новых материалов,





**Доктор физико-математических наук, профессор Анна Анисович**

биологических систем, морфологических изменений живых бактерий под действием антибиотиков.

Зонд атомно-силового микроскопа позволяет проникать в структуру молекулы ДНК, аминокислот, белков и т. д., а это крайне важно для нужд современной фармакологии и прочих био-

медицинских разработок. Стоит ли удивляться, что организации Национальной академии наук активно используют инновационную разработку института. Сканирующая зондовая микроскопия превратилась в широко распространенный и успешно применяемый научно-практический инструмент. По словам Сергея Филатова, ни одно исследование в области физики поверхности и тонкопленочных технологий не обходится без применения СЗМ.

В этом легко можно убедиться. Мы заглянули в Институт прикладной физики НАН Беларуси. С помощью атомно-силового микроскопа здесь на микроскопическом и субмикроскопическом уровнях анализируют различные поверхности.

– Это важно, поскольку многие свойства материалов определяют именно строение и морфология поверхности, в особенности в микро- и нанометрическом диапазоне, – подчеркивает руководитель отдела техногенной безопасности и конструкционного материаловедения доктор физико-математических наук, профессор Анна Анисович.

Прочность, коррозионная стойкость, способность к изнашиванию при трении, угроза разрушения, в том числе в экстремальных условиях, –



**Знание морфологии поверхности материала важно для оптимальных технологических решений при создании деталей машин**



эти и многие другие характеристики позволяет установить СЗМ. С одной стороны, такая информация незаменима для применения исследуемых материалов, а с другой – задает нужные алгоритмы для создания новых, с определенными свойствами поверхности. Благо современные технологии позволяют варьировать физико-химическими свойствами изделий в широких пределах, в том числе за счет изменения их морфологии, т. е. на уровне наноструктур. Почему это важно? Возьмем для примера машиностроение. Перед конструкторами автомобильной техники стоят непростые задачи. Приходится учитывать ряд важных факторов. Скорости растут, нагрузки на детали машин увеличиваются, масса конструкций в то же время уменьшается. В таких условиях именно создание особых качеств поверхностных слоев деталей зачастую определяет оптимальные технологические решения.

**«Многие свойства материалов определяют именно строение и морфология поверхности».**

Стоит ли удивляться, что высокотехнологичные отечественные атомно-силовые микроскопы работают в десятках научных, заводских и вузовских лабораторий страны. Помогают они исследователям и производителям России, Казахстана, Польши, Литвы, Словении, Китая, Вьетнама, Саудовской Аравии. Идут переговоры с китайскими организациями о создании в Поднебесной производства АСМ.

Атомно-силовая микроскопия – относительно новый инструмент научного познания, позволяющий заглянуть в таинственный и многообещающий наномир. Туда, где, по мнению ученых, еще таится немало того, что принесет пользу человечеству и сделает нашу жизнь лучше.

## Не верь глазам своим

Какая вкусная вода! Слышали такое не раз, верно? Однако специалисты настаивают: внешний вид, запах, вкус (все, что мы называем органолептиче-

скими показателями) могут быть обманчивыми. Необходимо еще убедиться, что в воде не содержатся бактерии, способные нанести вред организму. Для этого берут пробы и отправляют их в микробиологические лаборатории. Здесь вода проходит тщательную проверку согласно санитарным правилам и нормам по бактериологическим показателям с помощью специального оборудования. Резонный вопрос: какого именно? Ведь от этого напрямую зависит достоверность исследования, а в конечном итоге – наша с вами безопасность как потребителей.

Ученые Института тепло- и массообмена создали как раз такую ультрафильтрационную установку – технологичную, высокоточную и производительную. Приставка «ультра» в названии определяет степень очистки воды. Оборудование на уровне зарубежных аналогов и даже кое в чем превосходит их. Это позволило белорусским предприятиям и организациям, которые для своей деятельности располагают микробиологическими и экологическими лабораториями, отдать предпочтение отечественному продукту при подготовке проб для санитарно-бактериологического анализа воды и водных растворов, проведении вирусологических, микробиологических и физико-химических анализов.

Ежегодно институт поставляет не менее пяти ультрафильтрационных установок. И спрос на них растет. Качество и цена, несомненно, главные факторы, влияющие на интерес к инновации. Но есть еще одна причина. Об этом нам рассказал заведующий лабораторией турбулентности Института тепло- и массообмена НАН Беларуси кандидат физико-технических наук, доцент Андрей Чорный.

– Это комплексная синергетическая система, объединяющая разные технологии, – характеризует он устройство. – Она надежна и ее оригинальное решение защищено отечественным патентом.

В установке используются мембранные полиамидные микропористые фильтры. Они уверенно задерживают вредные фракции, читай болезнетворные микроорганизмы. Вроде все просто. Но как это работает?



Инженер Артур Синчуков и заведующий лабораторией турбулентности кандидат физико-технических наук, доцент Андрей Чорный



В лаборатории Минского городского центра гигиены и эпидемиологии

В Минском городском центре гигиены и эпидемиологии «служат» несколько ультрафильтрационных установок, которые разработал институт. Они контролируют безопасность воды питьевой и из открытых источников.

– Установки постоянно загружены, работают по несколько часов в день, – рассказывает врач-лаборант (заведующий) отделения санитарной микробиологии Юлия Саковец. – Мы ведь проводим исследования для различных организаций Минска. Чтобы убедиться в безопасности воды для здоровья, необходим ее бактериологический анализ. А он невозможен без качественной ультрафильтрационной установки.

Юлия Григорьевна в микробиологической лаборатории трудится около двадцати лет. Ее как опытного специалиста попросили популярно объяснить принцип работы оборудования. Вопреки ожиданиям разобраться в этом оказалось несложно. В установке шесть воронок, именно такое количество проб она может одновременно обрабатывать. В процессе фильтрации микроорганизмы задерживаются на мембране с диаметром пор 0,45 микрометра. Ее затем помещают на специальную питательную среду и термостатируют при определенной температуре. Колонии микро-

организмов в столь благоприятной для них среде бурно размножаются и растут, тем самым «выдают» себя. А дальше дело специалиста. И вот уже заключение о качестве воды, ее пригодности для употребления готово.

Правда, не все так быстро. Скажем, бактериологический анализ воды из открытого водоема может занять два-три дня. Но тут как в известной фразе – поспешай медленно: как ни срочно необходим результат, главное – исключить в пробе наличие определенного количества микроорганизмов, подтвердив тем самым безопасность воды для человека.

**«Установки постоянно загружены, работают по несколько часов в день».**

Исследуют в лаборатории центра и продукты безалкогольной промышленности, в том числе напитки безалкогольные на подсластителях.

– Проверяем соответствие нормативам, определяя количество мезофильных аэробных микроорганизмов, – рассказывает Юлия Саковец. – Их должно быть не более 100 в 100 мл напитка.

Наверняка ученым из Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова приятно осознавать, что

их разработка – ультрафильтрационная установка – помогает заботиться о здоровье людей. Даже почему-то уверена, что это так.

## Сверху видно не все

Даже человеку, далекому от сельского хозяйства, несложно понять: от состояния почвы зависит судьба урожая. Крупное государственное предприятие это или небольшое фермерское, везде специалисты внимательно отслеживают ситуацию на полях. Прежде всего для того, чтобы принять верное управленческое решение. Скажем, когда сеять, какие и сколько вносить удобрений, нужен ли полив и т. д.

Казалось бы, в наше продвинутое время спутники и беспилотники аграриям в помощь. Тем более система такого мониторинга уже не новинка на отечественных просторах. Но, увы, часто наблюдениям из космоса непреодолимую преграду создают облака. Непогода может помешать запустить беспилотник. А еще надо найти нужных специалистов, чтобы анализировать полученные данные.

Эти факторы, по мнению заведующего лабораторией синтеза и анализа микро- и наноструктур Института тепло- и массообмена НАН Беларуси кандидата технических наук Сергея Филатова усложняют дистанционный мониторинг для сель-



Кандидат технических наук Сергей Филатов: тензиометр – инструмент агронома

скохозяйственных нужд. Особенно, если дело касается оценки влажности почвы, ее кислотности, температуры и других показателей.

– То, что находится под землей, с высоты не увидишь, – замечает наш собеседник.

Но ученые института выход нашли. Они создали специальную информационно-измерительную мини-систему – почвенный анализатор. Благодаря ему можно получать необходимые данные о состоянии почвы непосредственно в поле. Результаты локального мониторинга доступны немедленно в любой точке земного шара, где работает интернет. Прибор также легко интегрируется в любые сервисы сбора информации.

– Это подход не сверху, а снизу, – улыбается Сергей Александрович. Наш тензиометр, погруженный в почву, определяет и оценивает потенциал почвенной влаги на глубине 60 см, осуществляет контроль температуры и влажности воздуха на высоте 20 см над поверхностью земли. В перспективе – измерения питательных веществ и кислотности. При этом мониторинг состояния почвы может быть ежедневным и не зависеть от погодных условий. Таким образом, у агронома или руководителя предприятия, как говорится, полная раскладка. Перефразировав известное

### ТОП-3 НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ ИНСТИТУТА ТЕПЛО- И МАССОБМЕНА ИМЕНИ А.В. ЛЫКОВА

- Оптическое приборостроение. Суперточные приборы со специальными зеркалами и линзами для космоса.
- Специальные композиционные материалы на основе карбида кремния.
- Уникальная баллистическая установка, позволяющая исследовать физику и механику высокоскоростного удара.



Локальный мониторинг почвы при необходимости дополняют данными со спутников

изречение, можно смело констатировать: кто владеет информацией, тот знает секрет хорошего урожая.

– Преимуществами нашего почвенного тензиометра являются надежность, простота и стоимость, а также отсутствие подвижных механических деталей, – обращает наше внимание на эксклюзивность белорусской разработки Сергей Филатов.

Серию почвенных анализаторов, которую создали ученые Института тепло- и массообмена, дополняет пенетрометр. Эта мини-система с загадочным названием предназначена для определения плотности и электропроводности земли. Спросите, какое отношение к урожаю имеет способность почвы проводить электрический ток? Оказывается, при высоких значениях этого показателя часто заметно снижается всхожесть семян. Высокая плотность земли сдерживает развитие корневой системы растений, меняет водный, воздушный и тепловой режимы почвы. Естественно, это не лучшим образом отражается на посевах.

**«То, что находится под землей, с высоты не увидишь».**

Прибор можно оснастить оптическими датчиками. С какой целью?

– Сенсоры позволяют выявить, избыточно или недостаточно внесены азотные удобрения, – поясняет Сергей Филатов. – Работа оптического датчика основана на световом отражении от растительности в определенных диапазонах волн. Таким же образом, по мультиспектральным признакам, можно определить пораженные болезнями сельскохозяйственные культуры.



На экспериментальном участке Гродненского зонального института растениеводства идут испытания почвенного анализатора

Непрерывный мониторинг состояния почвы на основе данных локального зондирования дает значительный экономический эффект, полагает наш собеседник. При необходимости институт готов дополнить информацию по конкретному участку сельхозугодий данными со спутников.

В этом году с началом полевых работ системы почвенного мониторинга проходят «практику» в Щучинском районе – на экспериментальных участках Гродненского зонального института растениеводства НАН Беларуси.

– Тензиометром измеряем влажность почвы в тепличных комплексах, – рассказывает заместитель директора по научной работе Владимир Макаро. – При выращивании в условиях закрытого грунта это очень важный показатель, так как необходимо внимательно контролировать сроки проведения полива растений.

Особенно кстати, по словам Владимира Марьяновича, мини-система пришлась нынешним жарким и засушливым летом. С помощью нового оборудования сотрудники научных отделов определяли наличие влаги в почве и фиксировали, как прогрессирует засуха. Еще он обратил наше внимание на... плужную подошву. Так называют переуплотненный слой, который постепенно образуется или в процессе многолетней и интенсивной обработки почвы на одну и ту же глубину. С помощью пенетрометра гродненские ученые досконально изучили плотность почвы. Исходя из данных мониторинга, решали, когда применять глубокое рыхление, чтобы разрушать плужную подошву. А делать это необходимо обязательно, на их взгляд.

– На полях с плужной подошвой у растений слабо развивается корневая система, сильнее проявляются отрицательные последствия засухи или избыточного увлажнения. Так что мониторинг почвенного профиля вообще незаменим, – говорит Владимир Макаро.

Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси – настоящая школа передового

**ПРЯМАЯ РЕЧЬ**

**Академик Олег ПЕНЯЗЬКОВ,**  
директор Института  
тепло- и массообмена  
имени А.В. Лыкова  
НАН Беларуси, доктор  
физико-математических наук:



– Институт всегда использовал результаты своих фундаментальных исследований для решения практических задач. Как вы могли убедиться, сейчас востребовано многое. В том числе ультрафильтрационная установка, атомный силовой микроскоп, благодаря которому исследователи разных направлений, заглядывая в субмикронный мир, могут более успешно решать новые актуальные задачи.

Наша система по локальному мониторингу почвы, которую мы создавали по собственной инициативе, думаю, тоже найдет своих потребителей. Использованные решения будут интересны для молодых специалистов, которые приходят работать в аграрный сектор. Для этой аудитории интеллектуальные информационные системы особенно привлекательны. А их внедрение поспособствует повышению технологического уровня нашего сельского хозяйства и качества жизни в целом.

опыта. Здесь постоянно проводят обучающие мероприятия для специалистов высшего и среднего звена агрономической службы. Так что, вероятнее всего, тензиометры и пенетрометры возьмут на вооружение во многих сельскохозяйственных организациях страны.

*Снежана МИХАЙЛОВСКАЯ*  
*Фото Надежды АНДРЕЙЧИК, из архива БЕЛТА,*  
*открытых источников*

**■ Проект создан за счет средств целевого сбора на производство национального контента**