

SUNG-WOO MOON: “SCIENCE AND INNOVATION ARE THE KEY TO DURABLE AND SUSTAINABLE ROADS”

САНГ-ВУ МУН: «НАУКА И ИННОВАЦИИ – КЛЮЧ К ДОЛГОВЕЧНЫМ И УСТОЙЧИВЫМ ДОРОГАМ»



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздортНИИ)

In the context of increasing infrastructure demands, growing climate challenges, and the global transition toward sustainability, geotechnical research is assuming a more strategic role in road development. Kazakhstan, with its vast territory, diverse soil conditions, and extreme continental climate, offers a unique environment for advancing applied geotechnical science.

During the International Scientific and Practical Conference “Roads and Innovations,” we spoke with Professor Sung-Woo Moon of Nazarbayev University about his research priorities, international experience, and the role of science in supporting durable and low-carbon road infrastructure in Kazakhstan.

How long have you been working in Kazakhstan, and what factors influenced your decision to continue your academic career at Nazarbayev University?

I have been working at Nazarbayev University since 2017. Before coming to Kazakhstan, I conducted research in the United States and Singapore. What particularly attracted me was the country's immense potential and the distinctive geotechnical challenges it presents. Kazakhstan spans a vast territory with highly varied geological conditions, including saline soils and expansive clays, all exposed to an extreme continental climate with wide temperature fluctuations.

For a geotechnical researcher, this environment functions as a “living laboratory,” offering scientific challenges that are rarely encountered elsewhere. Another decisive factor was the university's vision to develop as a research-intensive institution, along with its strong support for establishing a world-class laboratory. This provided an opportunity not only to pursue theoretical research, but also to apply advanced geotechnical technologies directly to real infrastructure projects.

В условиях растущих инфраструктурных потребностей, усиливающихся климатических вызовов и глобального перехода к устойчивому развитию геотехнические исследования приобретают всё более стратегическое значение в развитии автомобильных дорог. Казахстан с его обширной территорией, разнообразием грунтовых условий и резко континентальным климатом представляет собой уникальную среду для развития прикладной геотехнической науки.

В ходе Международной научно-практической конференции «Дороги и инновации» мы побеседовали с профессором Санг-Ву Муном из Назарбаев Университета о его научных приоритетах, международном опыте и роли науки в формировании долговечной и низкоуглеродной дорожной инфраструктуры в Казахстане.

Как давно вы работаете в Казахстане и какие факторы повлияли на ваше решение продолжить академическую карьеру в Назарбаев Университете?

Я работаю в Назарбаев Университете с 2017 года. До приезда в Казахстан я занимался научными исследованиями в США и Сингапуре. Меня особенно привлек огромный потенциал страны и уникальные геотехнические задачи, которые здесь представлены. Территория Казахстана отличается значительным разнообразием геологических условий, включая засоленные грунты и набухающие глины, при этом все они подвержены воздействию экстремального континентального климата с большими температурными колебаниями.

Для геотехнического исследователя такая среда фактически является «живой лабораторией», предлагая научные вызовы, с которыми редко сталкиваешься в других регионах. Ещё одним решающим фактором стало стремление университета

Your academic career includes extensive international experience in geotechnical engineering. What factors shaped your professional path and ultimately led you to continue your research in Kazakhstan?

My professional path has consistently focused on bridging advanced theory with practical engineering applications. My PhD studies at the University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC) provided a solid theoretical foundation in soil mechanics and computational geomechanics. Later, my postdoctoral work at the National University of Singapore (NUS) exposed me to complex challenges related to urban geotechnics and soft ground engineering.

An equally important component of my background is four years of practical experience in the Geotechnical Engineering Department at Yongma Engineering in South Korea. There, I was directly involved in road design and construction projects, which allowed me to develop practical, field-based engineering judgment. In addition, I hold a professional engineering license from the United States, which further emphasizes the application of theory to real-world practice.

This combination of academic rigor from the United States and Singapore, together with hands-on road engineering experience from Korea, naturally led me to Kazakhstan. The country's ambitious road development goals require precisely this balance between advanced research and practical engineering standards.

Within your work at Nazarbayev University, what scientific priorities currently define your research activities?

My current research focuses on addressing specific challenges within Kazakhstan's road infrastructure. These priorities can be grouped into three main directions.

First, we are working on sustainable soil stabilization using eco-friendly binders. This includes the use of industrial by-products such as Basic Oxygen Furnace (BOF) slag, phosphogypsum, and Calcium Sulfoaluminate (CSA) cement as alternatives to carbon-intensive Portland cement. The objective is to ensure sufficient subgrade strength while reducing environmental impact.

Second, we are investigating problematic soils, particularly saline and expansive soils that are widespread across Kazakhstan. Our research aims to improve their mechanical behavior and long-term durability under severe freeze-thaw and wet-dry cycles.

Third, we are developing Non-Destructive Testing (NDT) and smart monitoring approaches. Using seismic instruments such as DataCube units, together with wave-based analysis methods including Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) and Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (HVSr), we are working on rapid, on-site quality control solutions that do not damage pavement structures.

How would you assess the current state and long-term potential of road-related research in Kazakhstan?

The long-term potential is very significant, although certain challenges remain. At present, parts of the system still rely on legacy standards such as Construction Norms and Rules (SNiP) and State Standards (GOST), which can be conservative in adopting new materials and technologies. In addition, the extreme climate, with temperature ranges from minus forty to plus forty degrees Celsius, contributes to reduced pavement service life.

The key opportunity lies in adapting international performance-based standards, including Eurocodes, to local conditions. As Kazakhstan continues to develop major transport corridors, the demand for innovative technologies that extend road life cycles and reduce maintenance costs is expected to grow steadily.

развиваться как исследовательски ориентированное учебное заведение и его серьёзная поддержка в создании лаборатории мирового уровня. Это дало возможность не только заниматься фундаментальными исследованиями, но и напрямую внедрять передовые геотехнические технологии в реальные инфраструктурные проекты.

Ваша академическая карьера включает обширный международный опыт в области геотехнической инженерии. Какие факторы сформировали ваш профессиональный путь и привели к продолжению исследований именно в Казахстане?

Мой профессиональный путь всегда строился на сочетании теоретических знаний и практических инженерных задач. Обучение в докторантуре Университета Иллинойса в Урбана-Шампейне дало мне прочную базу в области механики грунтов и вычислительной геомеханики. Позднее, в рамках постдокторских исследований в Национальном университете Сингапура, я работал с комплексными задачами городской геотехники и инженерии слабых грунтов.

Важной частью моего профессионального опыта стали четыре года практической работы в департаменте геотехнического проектирования компании Yongma Engineering в Южной Корее. Я был непосредственно вовлечён в проекты по проектированию и строительству автомобильных дорог, что позволило сформировать прикладное инженерное мышление, основанное на работе в реальных полевых условиях. Кроме того, у меня есть профессиональная инженерная лицензия США, что также отражает ориентацию на применение теоретических знаний в практической деятельности.

Сочетание академической подготовки, полученной в США и Сингапуре, и практического опыта дорожного строительства в Корее в итоге привело меня к работе в Казахстане. Масштабные планы страны по развитию дорожной сети требуют именно такого баланса между научными исследованиями и высокими инженерными стандартами.

Какие научные приоритеты в настоящее время определяют ваши исследования в Назарбаев Университете?

Мои текущие исследования сосредоточены на решении конкретных задач дорожной инфраструктуры Казахстана. Эти приоритеты можно объединить в три основных направления.

Во-первых, мы занимаемся устойчивой стабилизацией грунтов с использованием экологически безопасных вяжущих материалов. Речь идёт о применении промышленных побочных продуктов, таких как шлак кислородно-конвертерного производства (BOF), фосфогипс и сульфоалюминатный цемент кальция (CSA), в качестве альтернативы углеродоёмкому портландцементу. Цель состоит в обеспечении требуемой прочности земляного полотна при одновременном снижении экологической нагрузки.

Во-вторых, мы исследуем проблемные грунты, прежде всего засоленные и набухающие, которые широко распространены на территории Казахстана. Наши работы направлены на улучшение их механических свойств и долговечности в условиях интенсивных циклов замораживания-оттаивания и увлажнения-высыхания.

В-третьих, мы разрабатываем методы неразрушающего контроля и интеллектуального мониторинга. С применением сейсмических приборов, таких как системы DataCube, а также волновых методов анализа, включая многоканальный анализ поверхностных волн (MASW) и спектральное соотношение горизонтальной и вертикальной компонент (HVSr), мы создаём оперативные решения для контроля качества непосредственно на объекте без повреждения дорожных конструкций.

What role should research institutions play in supporting innovation and evidence-based development in the road and transport sector?

Research institutions should function as a validation mechanism for the industry. Construction companies often cannot afford the risks associated with applying unproven materials or methods under real field conditions.

At Nazarbayev University, we have established a Geotechnical and Geophysical Engineering Laboratory equipped with advanced testing systems and environmental chambers. These facilities allow us to simulate Kazakhstan's severe winter conditions and generate reliable scientific data, such as stress-strain behavior and resilient modulus. In this way, research institutions help reduce uncertainty and provide confidence for practical implementation.

Which forms of cooperation between academia, industry, and specialized research centers are most effective for advancing road infrastructure research?

The most effective approach is a continuous cycle of problem identification, scientific solution, and field verification. Industry identifies persistent problems such as frost heaving or cracking. Academia then develops optimized material designs and engineering mechanisms, for example using BOF slag. In cooperation with specialized institutions such as the Kazakhstan Road Research Institute, these solutions should be implemented in pilot projects and monitored under real road conditions.

You participated in the International Scientific and Practical Conference "Roads and Innovations." What were your general impressions of this event?

The conference left a very positive impression. I observed a clear shift away from discussions focused primarily on logistics or funding toward in-depth technical topics such as decarbonization, new materials, and digitalization of road assets. This indicates that the industry is increasingly seeking scientific solutions to improve durability and maintenance efficiency.

How do scientific platforms of this scale contribute to knowledge exchange and innovation in the road sector?

Such platforms help bridge the gap between laboratory research and field practice. They provide an opportunity to explain scientific developments directly to practicing engineers and to receive immediate professional feedback. For example, I was able to discuss how non-destructive testing methods based on seismic measurements can support on-site quality control, increase construction efficiency, and improve overall project performance.



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

Как вы оцениваете текущее состояние и долгосрочный потенциал научных исследований в области автомобильных дорог в Казахстане?

Долгосрочный потенциал весьма значителен, хотя определённые вызовы сохраняются. В настоящее время часть нормативной базы всё ещё опирается на устаревшие стандарты, такие как СНиП и ГОСТ, которые зачастую консервативны в отношении внедрения новых материалов и технологий. Кроме того, экстремальный климат с диапазоном температур от минус сорока до плюс сорока градусов Цельсия негативно влияет на срок службы дорожных покрытий.

Ключевая возможность заключается в адаптации международных эксплуатационных стандартов, включая Еврокоды, к местным условиям. По мере развития крупных транспортных коридоров в Казахстане спрос на инновационные технологии, способные продлевать жизненный цикл дорог и снижать затраты на их содержание, будет неуклонно расти.

Какую роль должны играть научно-исследовательские организации в поддержке инноваций и развития дорожной отрасли на основе доказательных данных?

Научные учреждения должны выполнять функцию валидации для отрасли. Строительные компании зачастую не могут позволить себе риски, связанные с применением непроверенных материалов или методов в реальных условиях.

В Назарбаев Университете нами создана лаборатория геотехнической и геофизической инженерии, оснащённая современными испытательными системами и климатическими камерами. Эти установки позволяют моделировать суровые зимние условия Казахстана и получать надёжные научные данные, включая зависимости напряжение-деформация и модуль упругости. Таким образом, исследовательские институты снижают уровень неопределённости и формируют доверие к практическому внедрению новых решений.

Какие формы сотрудничества между академической средой, отраслью и специализированными научными центрами вы считаете наиболее эффективными?

Наиболее эффективным является непрерывный цикл, включающий выявление проблемы, разработку научного решения и его проверку в полевых условиях. Отрасль формулирует устойчивые проблемы, такие как морозное пучение или трещинообразование. Академическое сообщество разрабатывает оптимизированные составы материалов и инженерные механизмы, например с использованием шлака BOF. В сотрудничестве со специализированными организациями, такими как Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, эти решения должны внедряться в пилотных проектах и мониториться в условиях реальной эксплуатации.

Вы принимали участие в Международной научно-практической конференции «Дороги и инновации». Каковы ваши общие впечатления от мероприятия?

Конференция произвела очень положительное впечатление. Я отметил явный сдвиг от обсуждений, сосредоточенных преимущественно на логистике и финансировании, к глубоким техническим темам, таким как декарбонизация, новые материалы и цифровизация дорожных активов. Это свидетельствует о растущем запросе отрасли на научно обоснованные решения, направленные на повышение долговечности и эффективности содержания дорог.

Together with your student, you received second place in the Young Researchers Competition on environmental aspects of transport infrastructure. Could you briefly describe the concept of your project?

The project focused on low-carbon soil stabilization using BOF slag, a major industrial by-product of steel production. Large volumes of this material are currently stockpiled in Kazakhstan, creating environmental challenges.

Our research demonstrated that when BOF slag is properly combined with eco-friendly binders and applied to road subgrades, it is possible to significantly reduce cement consumption while improving strength and resistance to freeze-thaw cycles. The project was recognized for transforming an environmental burden into a durable construction resource, thereby supporting both decarbonization and improved road performance.



Фото редакции журнала «Jolshy» (Вестник КаздорНИИ)

Why are decarbonization and the use of industrial by-products becoming increasingly important in modern road construction?

These approaches are essential for achieving both economic and environmental sustainability. Cement production is a major source of global carbon dioxide emissions, while Kazakhstan has abundant industrial by-products such as BOF slag. Using these materials in road construction supports a circular economy by reducing material costs, lowering emissions, and preventing environmental pollution associated with waste disposal.

What does this recognition mean for you personally, and how does it support the development of young researchers?

For me, it confirms that our research direction is well aligned with Kazakhstan's national priorities. For students, it demonstrates that their work extends beyond academic requirements and can provide practical solutions to real industrial and environmental challenges. This realization serves as a strong source of motivation and professional pride.

Which insights from the conference and competition will most influence your future research?

The key message was the importance of durability. Roads must be capable of withstanding extreme climatic conditions, not merely achieving high initial strength. Accordingly, my future research will place greater emphasis on long-term durability testing, including freeze-thaw and wet-dry cycles, as well as Life Cycle Assessment (LCA) of materials such as BOF slag to support practical application.

How do you assess the prospects for applying your research results in real road construction projects in Kazakhstan?

I am very optimistic. My experience as a licensed professional engineer helps translate laboratory data into design guidelines and technical specifications that can be readily used by field engineers. While research on BOF slag and eco-friendly stabilization methods is still ongoing, steady progress is being made. With appropriate localization and alignment with international standards, these solutions can be applied in practical road projects in the near future.

Как подобные научные площадки способствуют обмену знаниями и инновациям в дорожной сфере?

Такие площадки помогают преодолеть разрыв между лабораторными исследованиями и практикой. Они дают возможность напрямую донести научные разработки до практикующих инженеров и получить оперативную профессиональную обратную связь. В частности, я смог обсудить, как методы неразрушающего контроля на основе сейсмических измерений могут поддерживать контроль качества на объекте, повышать эффективность строительства и улучшать общие показатели проектов.

Совместно со своим студентом вы заняли второе место в конкурсе молодых учёных по экологическим аспектам транспортной инфраструктуры. В чём заключалась идея вашего проекта?

Проект был посвящён низкоуглеродной стабилизации грунтов с использованием шлака BOF – крупнотоннажного побочного продукта сталелитейного производства. В настоящее время в Казахстане накоплены значительные объёмы этого материала, что создаёт экологические проблемы.

Наши исследования показали, что при правильном сочетании шлака BOF с экологически безопасными вяжущими и его применении в земляном полотне автомобильных дорог можно существенно снизить потребление цемента, одновременно повышая прочность и устойчивость к циклам замораживания-оттаивания. Проект был отмечен за превращение экологической нагрузки в долговечный строительный ресурс, способствующий как декарбонизации, так и улучшению эксплуатационных характеристик дорог.

Почему декарбонизация и использование промышленных побочных продуктов становятся всё более важными в современном дорожном строительстве?

Эти подходы являются ключевыми для достижения как экономической, так и экологической устойчивости. Производство цемента является одним из основных источников глобальных выбросов углекислого газа, в то время как Казахстан располагает значительными объёмами промышленных побочных продуктов, включая шлак BOF. Их использование в дорожном строительстве поддерживает принципы циркулярной экономики, снижает затраты на материалы, уменьшает выбросы и предотвращает загрязнение окружающей среды, связанное с утилизацией отходов.

Что означает это признание лично для вас и как оно способствует развитию молодых исследователей?

Для меня это подтверждение того, что выбранное направление исследований соответствует национальным приоритетам Казахстана. Для студентов это наглядный пример того, что их работа выходит за рамки академических требований и может предлагать практические решения реальных отраслевых и экологических задач. Такое осознание является мощным источником мотивации и профессиональной гордости.

Какие выводы конференции и конкурса в наибольшей степени повлияют на ваши дальнейшие исследования?

Ключевым посланием стала важность долговечности. Дороги должны быть способны выдерживать экстремальные климатические условия, а не только демонстрировать высокую начальную прочность. В связи с этим в дальнейших исследованиях я планирую уделять больше внимания испытаниям на долговечность, включая циклы замораживания-оттаивания и увлажнения-высыхания, а также оценке жизненного цикла материалов, таких как шлак BOF, для обоснования их практического применения.

What advice would you give to young researchers in Kazakhstan who aim to contribute to geotechnical engineering and transport infrastructure development?

My main advice is to connect field experience with data. Geotechnical engineering cannot be confined to office work alone. It is essential to understand soil behavior on site and to experience local climatic conditions directly. This practical knowledge should then be combined with advanced analytical tools, including artificial intelligence, machine learning, and environmental engineering. Specialists who can integrate traditional civil engineering with sustainability and modern technologies will play a leading role in shaping the future of Kazakhstan's road infrastructure.

The conversation with Professor Sung-Woo Moon highlights the growing importance of applied geotechnical research in addressing Kazakhstan's infrastructure challenges. His perspective emphasizes durability, sustainability, and close integration between science and engineering practice.

As Kazakhstan continues to modernize its road sector and adopt innovative materials and technologies, research-driven approaches such as these provide a solid foundation for long-term, resilient development. Ongoing dialogue between academia, industry, and research institutions remains a key driver of progress in the road sector.

Как вы оцениваете перспективы внедрения результатов ваших исследований в реальные проекты дорожного строительства в Казахстане?

Я настроен весьма оптимистично. Мой опыт лицензированного профессионального инженера помогает переводить лабораторные данные в проектные рекомендации и технические спецификации, понятные и применимые для инженеров на местах. Хотя исследования шлака BOF и экологических методов стабилизации продолжаются, прогресс является устойчивым. При надлежащей локализации и согласовании с международными стандартами эти решения могут быть внедрены в практику в ближайшей перспективе.

Какой совет вы дали бы молодым исследователям в Казахстане, стремящимся внести вклад в развитие геотехнической инженерии и транспортной инфраструктуры?

Мой главный совет – совмещать полевой опыт с аналитическими данными. Геотехническая инженерия не может ограничиваться исключительно офисной работой. Важно понимать поведение грунтов непосредственно на объекте и лично ощущать воздействие местных климатических условий. Эти практические знания следует дополнять современными аналитическими инструментами, включая искусственный интеллект, машинное обучение и экологическую инженерию. Специалисты, способные интегрировать классическую строительную инженерию с устойчивым развитием и современными технологиями, будут играть ведущую роль в формировании будущего дорожной инфраструктуры Казахстана.

Беседа с профессором Санг-Ву Муном подчёркивает возрастающую роль прикладных геотехнических исследований в решении инфраструктурных задач Казахстана. Его позиция акцентирует внимание на долговечности, устойчивости и тесной интеграции науки с инженерной практикой.

По мере модернизации дорожной отрасли и внедрения инновационных материалов и технологий научно обоснованные подходы формируют прочную основу для долгосрочного и устойчивого развития. Непрерывный диалог между академическим сообществом, отраслью и научно-исследовательскими организациями остаётся ключевым фактором прогресса в дорожном секторе.