

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

*А. А. Мамытов, А. А. Токтаров, С. С. Абдыгалиева, О. Байтурбай,
Казахский национальный исследовательский технический университет (КазНУ) имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан*

Аннотация: Рассматривается применение дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и географических информационных систем (ГИС) в процессе цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан. Исследуется вопрос уровня внедрения и эффективного использования ГИС на казахстанских и зарубежных агропредприятиях. Описаны возможности геоинформационных технологий для формирования точного земледелия высокого уровня с существенным повышением производительности труда. Установлены главные сдерживающие факторы и возможности полноценной реализации потенциала ГИС в сельском хозяйстве Казахстана.

Ключевые слова: дистанционное зондирование земли, географические информационные системы, цифровизация, точное земледелие, сельское хозяйство.

Для цитирования: Мамытов А. А., Токтаров А. А., Абдыгалиева С. С., Батурбай О. Применение дистанционного зондирования земли и геоинформационных систем в обеспечении цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан // Маркшейдерия и недропользование. 2024. № 2. С. 69-74. DOI: 10.56195/20793332_2024_2_69_74.

THE USE OF REMOTE SENSING AND GIS TO ENSURING DIGITALIZATION AGRICULTURE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

*A. A. Mamytov, A. A. Toktarov, S. S. Abdygalieva, O. Baiturbai,
Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan*

Abstract: The article considers the application of and remote sensing of the earth (RS) and geographic information systems (GIS) in the process of digitalization of agriculture in the Republic of Kazakhstan. The question of the level of implementation and effective use of GIS in Kazakhstan and foreign agroenterprises is investigated. The possibilities of geoinformation technologies for the formation of precision farming of high level, with a significant increase in labor productivity are described. The main constraints and possibilities of full realization of GIS potential in agriculture of Kazakhstan are established.

Keywords: remote sensing of Earth, geographic information system, digitalization, precision farming, agriculture.

For citation: Mamytov A. A., Toktarov A. A., Abdygalieva S. S., Baiturbai O. The use of remote sensing and GIS to ensuring digitalization agriculture of the Republic OF Kazakhstan. Surveying and subsoil use. 2024;(2):69-74. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_2_69_74.

Цифровизация сельского хозяйства является одним из ключевых трендов технологической модернизации агропромышленного комплекса (АПК) Казахстана, позволяющих кардинально повысить его производительность и конкурентоспособность. Одним из важнейших направлений цифровизации сельского хозяйства является точное земледелие. Точное земледелие — это комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента.

По госпрограмме «Цифровой Казахстан», уровень цифровизации отрасли к 2025 году достигнет 50 %, при этом показатель насыщения продуктом сельскохозяйственной

отрасли республики будет на отметке 80 %. Так, 75 %, или 205,4 млн га, сельскохозяйственных земель уже оцифрованы, нанесены на карту, ставшей доступной в 2024 году [1, 2].

Согласно Государственной программе развития АПК в 2023 году прирост ВВП — более 3 трлн тенге. При этом доля ВВП от цифровизации сельского хозяйства составляет 30 %, около 1 трлн тенге [1-3].

Одним из ключевых инструментов цифровой трансформации агропромышленного комплекса являются ГИС-технологии. По данным Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленно-

сти Республики Казахстан, в 2018-2023 годах произошел взрывной рост использования ГИС-технологий в республике: с 20 % в 2018 году до 30 % в 2020-м, а далее до 50 % в 2023-м [4-6].

Цель исследований

Эффективность применения географических информационных систем (ГИС) и дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) в обеспечении цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан.

Применение ГИС-технологий в агропромышленном комплексе Казахстана

В 2023 году ГИС-технологии стремительно используются предпринимателями сельскохозяйственной отрасли Казахстана в рамках концепции точного земледелия, основанного на применении больших данных (Big Data), а также цифровых технологий (Digital Technology) с целью решения таких задач, как:

- ✦ использование технологии дистанционного мониторинга с последующей тематической обработкой собранных данных: их векторизация; создание ортофотопланов полей, 3D-моделей местности и высот рельефа; дешифрирование проблемных участков позволяет повысить уровень урожайности на 7-25 %, уменьшить количество применяемых удобрений на 40 % и минимизировать потери из-за заболеваний на 70 %, а использование БПЛА сокращает использование ГСМ на 20-30 % за счет уменьшения объемов полевых работ на местности [7, 8];
- ✦ отслеживание в режиме реального времени местоположения и текущих параметров работы всех единиц сельскохозяйственной техники с использованием высокоточных навигационных систем (GPS, ГЛОНАСС, BeiDou), что позволяет сэкономить на 1 га участка 5,4 % затрат на единицу техники в относительном выражении [6];
- ✦ анализ вегетативных индексов и карты продуктивности поля, полученных с помощью совместного использования ГИС и ДЗЗ, дистанционно определяет такой показатель, как качество почвы и продуктивность. Это позволит перейти к реализации технологий точного земледелия, сэкономить затраты и улучшить состояние почвы [9, 10].

Успешный опыт комплексной цифровизации на основе внедрения геоинформационных систем и технологий продемонстрировали компании Казахстана, такие как Terra Point, «Олга Агро», «Атамекен-Агро».

На одном из крупнейших хозяйств в Карагандинской области внедрили 5 поливочных машин кругового типа с GPS-позиционированием, а также мониторингом маршрута, затем приступили к выращиванию картофеля на площади в 500 га, исключив зависимость урожайности от осадков и летних засух. Анализ грунта, точечная подкормка способствовали повышению урожайности до 400 центнеров с гектара, в два раза превышая обычный показатель по области [11, 12].

Методология оценки состояния почвы сельскохозяйственного поля

Оценка производится дистанционно с использованием геоинформационных и облачных платформ, таких как Google Earth Engine и EOASDA Crop Monitoring. Google

Earth Engine — это облачная платформа для анализа геопространственных данных. EOASDA Crop Monitoring — веб-инструмент для комплексного мониторинга сельского хозяйства.

Для оценки состояния почвы рассматривается поле, находящееся в Каргалинском районе Актыубинской области (рис. 1).

Площадь поля составляет 100,1 га земли.

Вид угодия: пашня.

Подвид угодия: посев.

Тип урожая: яровые.

Тип класса культуры: пшеница.

Класс культуры: зерновые.

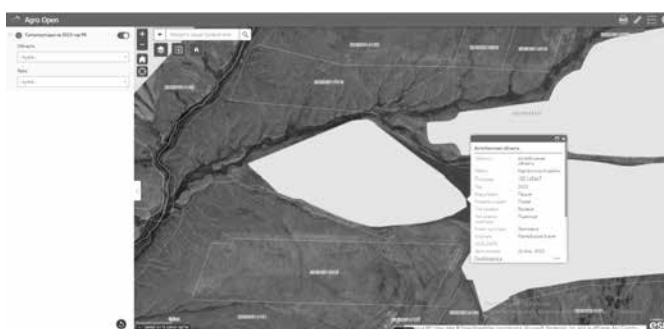


Рис. 1. Поле и информация о нем на геоportale Agro Open

Fig. 1. The field and its information on the Agro Ope geportal

Оценка состояния почвы поля осуществлена с применением средств получения определенных индексов в Crop Monitoring и анализа графика NDVI в разрезе 2016 по 2021 год. Индексы в Crop Monitoring — NDVI, NDRE, MSAVI, RECI и NDMI.

Определение индексов:

- ✦ NDVI (нормализованный вегетационный индекс) — показатель отражения и поглощения солнечной радиации на разных длинах волн,
- ✦ NDRE (нормализованный разностный индекс красного края) — показатель фотосинтетической активности растительного покрова. Применяется при плотном растительном покрове,
- ✦ MSAVI (модифицированный почвенный вегетационный индекс) — показатель определения наличия растительности на ранних стадиях всходов. Применяется для дифференцированного внесения удобрений и минимизирует влияние оголенной почвы,
- ✦ RECI (индекс фотосинтетической растительности) — показатель содержания хлорофилла в листьях,
- ✦ NDMI (нормализованный индекс разницы влажности) — показатель уровня водного стресса культуры.

Полученные результаты

С использованием EOASDA Crop Monitoring были получены индексы NDVI, NDRE, MSAVI, RECI и NDMI. Индексы приведены в таблице 1.

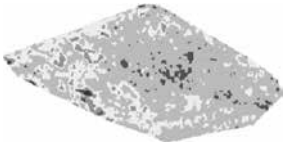
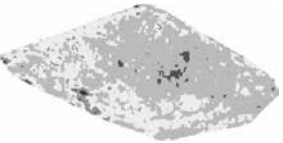
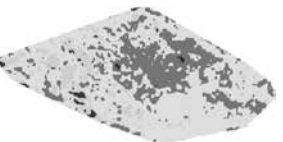
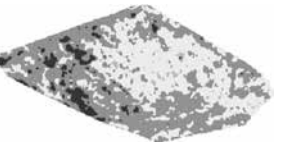
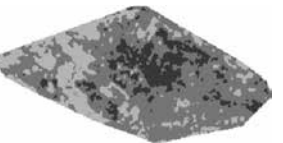
Анализ изменения NDVI в период 2016-2021 годов:

Средний NDVI = $(0,639 + 0,607 + 0,592 + 0,568 + 0,542 + 0,522) / 6 \approx 0,581$.

Стандартное отклонение NDVI = $\sqrt{((0,639 - 0,581)^2 + (0,607 - 0,581)^2 + (0,592 - 0,581)^2 + (0,568 - 0,581)^2 + (0,542 - 0,581)^2 + (0,522 - 0,581)^2) / 6} \approx 0,040$.

Таблица 1 / Table 1

Анализ исполнительных съемок фактического планового положения пути после обкатки от 10.06.2023 и 12.06.2023
 Executive survey of the actual planned position of the track after running-in from 10.06.2023 and 12.06.2023

Индекс	Результат	Значение
NDVI		Высокий уровень вегетации - 0,683-0,778 (4 %). Средний уровень вегетации - 0,5 до 0,683 (92 %). Низкий уровень вегетации - 0,4 до 0,499 (4 %)
NDRE		Высокий уровень вегетации - 0,444-0,516 (3 %). Средний уровень вегетации - 0,302-0,444 (94 %). Низкий уровень вегетации - 0,23-0,302 (3 %)
MSAVI		Высокий уровень вегетации - 0,485-0,569 (0 %). Средний уровень вегетации - 0,317-0,485 (87 %). Низкий уровень вегетации - 0,15-0,317 (13 %)
RECI		Высокий уровень вегетации - 5,78-7,008 (0 %). Средний уровень вегетации - 3,326-5,78 (43 %). Низкий уровень вегетации - 0,871-3,326 (57 %)
NDMI		Высокий уровень влажности - 0,169-0,25 (17 %). Средний уровень вегетации - 0,088-0,169 (58 %). Низкий уровень вегетации - 0-0,088 (25 %)

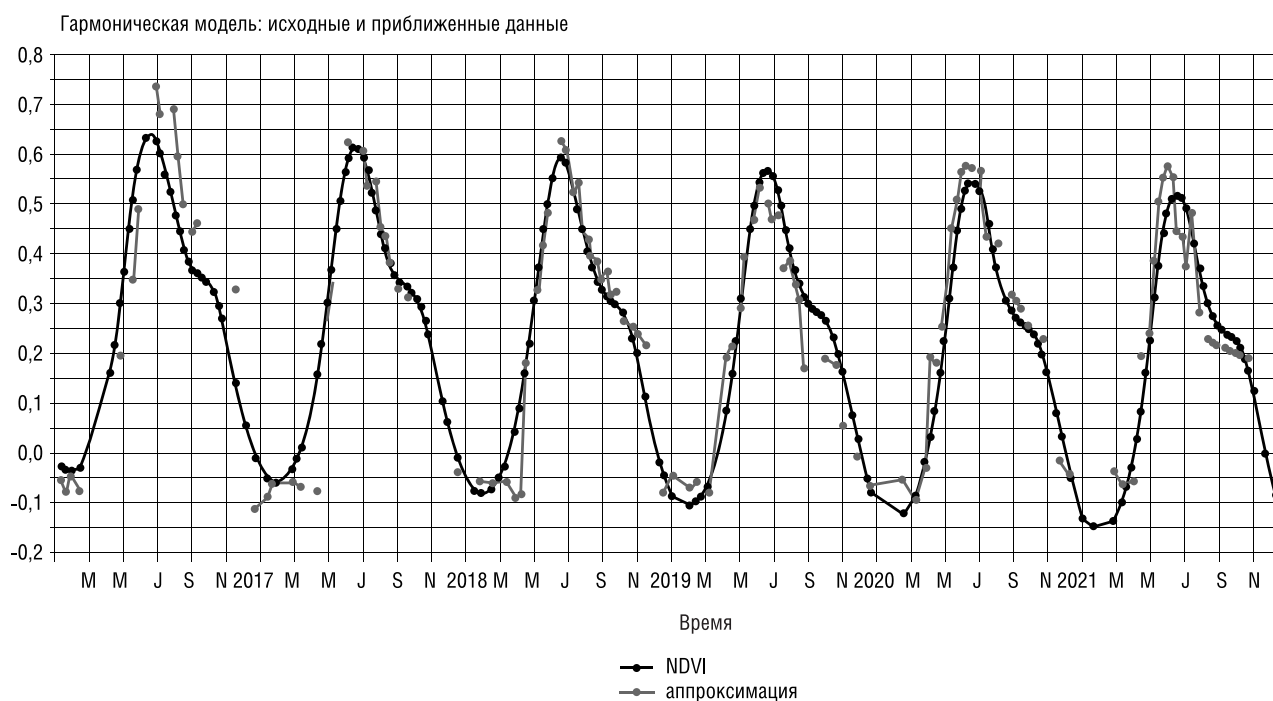


Рис. 2. Гармоническая модель NDVI в период 2016-2021 годов

Fig. 2. The harmonic model of NDVI in the period 2016-2021

Уменьшение NDVI в 2017 году = $(0,607 - 0,639) \times 100 \approx -3,2 \%$.

Уменьшение NDVI в 2018 году = $(0,592 - 0,607) \times 100 \approx 1,5 \%$.

Уменьшение NDVI в 2019 году = $(0,568 - 0,592) \times 100 \approx -2,4 \%$.

Уменьшение NDVI в 2020 году = $(0,542 - 0,568) \times 100 \approx -2,6 \%$.

Уменьшение NDVI в 2021 году = $(0,522 - 0,542) \times 100 \approx -2 \%$.

Описание результатов каждого индекса дано в процентном соотношении ко всему полю (рис. 2) (график аппроксимации значений NDVI, полученных благодаря Google Earth Engine) [13].

Полученные индексы позволяют заключить, что поле имеет участки с дикорастущими растениями, а также критически нуждается в азотном удобрении. Низкий уровень NDVI может говорить о болезнях или вредителях. Влажность поля — неоднородная. Присутствуют участки, нуждающиеся в дополнительном поливе.

Среднее значение NDVI, равное примерно 0,581, говорит о среднем уровне вегетационной активности на изучаемой территории. Более высокие значения обычно свидетельствуют о более здоровой и развитой растительности. Стандартное отклонение показывает стабильность в уменьшении NDVI в период 2016–2021 годов. Уменьшение NDVI может быть показателем плохих условий, таких как заболевания растений, вредители или другие факторы, влияющие на рост и развитие растений.

Благодаря данному анализу можно получить информацию о динамике растительности и затем использовать для принятия более обоснованных решений в сельском хозяйстве. Совокупность индексов NDVI, NDRE, MSAVI дает полное понятие о здоровье, плотности и тенденции развития растительности. Индекс RECI наглядно показывает содержание хлорофилла в растениях, что тесно связано с уровнем азота. Это помогает определить участки, нуждающиеся в дополнительном внесении удобрения. Индекс NDMI предоставляет информацию о водном стрессе культуры. Благодаря водному индексу можно определить проблемы, связанные с поливом и его объемами. Все это в совокупности является эффективным инструментом для оценки состояния сельскохозяйственных земель в целом и поля в частности [14, 15].

Выводы

Успешный международный опыт демонстрирует огромные возможности ГИС-технологий для перевода агропромышленного комплекса на новый технологический уровень на основе принципов точного земледелия и резкого роста производительности труда в отрасли.

Реализация этого огромного потенциала ГИС-технологий в сельском хозяйстве Казахстана потребует совместных усилий государства и бизнес-сектора по преодолению существующих преград для широкого использования передовых геоинформационных технологий на агропредприятиях страны.

Успешная цифровая трансформация на основе ГИС-технологий может вывести сельское хозяйство Казахстана на новый уровень развития и обеспечить продовольственную безопасность страны. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Цифровой Казахстан». Утверждена Указом Президента РК от 12 декабря 2017 г. [Электронный ресурс]. - URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000827> (режим доступа: 22.12.2021).
2. Қазақстанның ауыл шаруашылығы жерлерінің шамамен 75% немесе 205,4 млн га цифрландырылып, картада көрсетілген // Федоров ауданының өкімдігі. 08.08.2023 [Электрондық ресурс]. - URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/kostanay-fedorov/press/news/details/502100>.
3. Задворнева, Е. П. Цифровизация сельского хозяйства Казахстана как вектор инновационного развития инфраструктуры отрасли / Е. П. Задворнева // Региональные проблемы преобразования экономики: интеграционные процессы и механизмы формирования и социально-экономическая политика региона: Материалы IX Международной научно-практической конференции, Махачкала, 05-06 декабря 2018 года. - Махачкала: ФГБУН Институт социально-экономических исследований Дагестанского научного центра РАН, 2018. - С. 348-351.
4. Қазақстан Республикасы Цифрлық даму, инновациялар және аэроғарыш өнеркәсібі министрлігі [Электрондық ресурс]. - URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai>.
5. Интегрированная система точного земледелия с использованием беспилотных летательных аппаратов / С. Чижик, С. Антошук, Е. Галушко [и др.] // Наука и инновации. - 2020. - № 10(212). - С. 63-67.
6. Ненайденко, А. С. Повышение эффективности работы колесного машинно-тракторного агрегата на основе использования спутниковых радионавигационных систем: дис. ... канд. техн. наук / А. С. Ненайденко. - М., 2020. - 144 с.
7. Никонорова, И. В. Оценка состояния плодородия почв сельскохозяйственных угодий с использованием ГИС-технологий / И. В. Никонорова, А. Е. Гуменюк, И. А. Пивоваров // Успехи современного естествознания. - 2021. - № 12. - С. 173-178.
8. Terra Point «Цифровой Казахстан» — планы цифровизации сельского хозяйства. [Сайт]. - URL: https://terrapoint.kz/news/section/tsifrovoy_kazakhstan_plany_tsifrovizatsii_selskogo_khozyaystva (режим доступа: 13.05.2022).
9. Матасова, О. Секретом успеха поделился лидер цифровизации Казахстана [Электронный ресурс] / О. Матасова. - URL: <https://atameken-agro.com/ru/czifrovizatsiya-agrarnogo-biznesa-ao-atameken-agro> (режим доступа: 28.07.2022).
10. Афанасьева, Е. П. Цифровизация сельского хозяйства как драйвер экономического роста / Е. П. Афанасьева, А. В. Щуцкая // Вестник Самарского государственного экономического университета. - 2019. - Т. 5, № 175. - С. 34-40.
11. Умбеткалиев, Н. М. Перспективы геоинформационного обеспечения системы "точного земледелия" в Республике Казахстан / Н. М. Умбеткалиев, А. М. Портнов // Пространственные данные: наука и технологии. - 2019. - № 10-2. - С. 112-117.
12. Даюб, Н. Развитие цифровизации сельского хозяйства в России и зарубежных странах / Н. Даюб // Экономика и управление народным хозяйством. - 2022. - С. 199-206.

13. Tutorials contributed by the Earth Engine developer community are not part of the official Earth Engine product documentation. Time Series Modeling | Google Earth Engine | Google for Developers. - URL: <https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/community/time-series-modeling>.
14. Руководство пользователя по EOSDA Crop Monitoring. [Электронный ресурс]. - URL: <https://eos.com/ru/user-guide/crop-monitoring/> (период доступа: 13.03.2022).
15. Клюкин, А. Д. Современное развитие цифровизации АПК: отечественный и зарубежный опыт / А. Д. Клюкин // Аграрная экономика. - 2022. - № 12. - С. 72-86.

ЛИТЕРАТУРА

1. State Program «Digital Kazakhstan». Approved by the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan on December 12, 2017. Available from: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000827> (In Russ.).
2. About 75% of Kazakhstan's agricultural land, or 205.4 million hectares, has been digitized and mapped. Akimat of Fedorovskiy District, Press Center. 08.08.2023. Available from: <https://www.gov.kz/memleket/entities/kostanay-fedorov/press/news/details/502100>.
3. Zadvorneva EP. Digitalization of Agriculture in Kazakhstan as a Vector for Innovative Development of the Industry's Infrastructure. Dagestan; 2018 (In Russ.).
4. Ministry of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan. Available from: <https://www.gov.kz/memleket/entities/mdai>
5. Chizhik S, Antoshuk S, Galushko E. [et al.] Integrated precision farming system using unmanned aerial vehicles. *Science and Innovation*. 2020;10(212):63-67 (In Russ.).
6. Nenaydenko AS. Improving the Efficiency of Wheel Machine-Tractor Units Based on the Use of Satellite Radio Navigation Systems. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow;2020 (In Russ.).
7. Nikonorova IV, Gumenyuk AE, Pivovarov IA. Assessment of Soil Fertility of Agricultural Lands Using GIS Technologies. *Advances in Modern Natural Sciences*. 2021;12:173-78 (In Russ.).
8. Terra Point «Digital Kazakhstan» – Plans for the Digitalization of Agriculture. Available from: [https://terrapoint.kz/news/section/tsifrovoy_kazakhstan_plany_tsifrovizatsii_selskogo_khozyaystva/\(In Russ.\)](https://terrapoint.kz/news/section/tsifrovoy_kazakhstan_plany_tsifrovizatsii_selskogo_khozyaystva/(In Russ.)).
9. Matasova O. Leader of Kazakhstan's Digitalization Shares the Secret of Success. Available from: <https://atameken-agro.com/ru/czifrovizatsiya-agrarnogo-biznesa-ao-atameken-agro> (In Russ.).
10. Afanaseva EP, Schutskaya AV. Digitalization of Agriculture as a Driver of Economic Growth. *Samara State University of Economics*. 2019;5(175):34-40 (In Russ.).
11. Umbetkaliyev NM, Portnov AM. Prospects of Geoinformation Support for the 'Precision Farming' System in the Republic of Kazakhstan. *Spatial Data: Science and Technology*. 2019;10-2:112-17 (In Russ.).
12. Dayoub N. Development of Digitalization of Agricultural in Russia and Foreign Countries. *Economics and Management of the National Economy*. 2022:199-206 (In Russ.).
13. Tutorials contributed by the Earth Engine developer community are not part of the official Earth Engine product documentation. Time Series Modeling | Google Earth Engine | Google for Developers. Available from: <https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/community/time-series-modeling>.
14. EOSDA Crop Monitoring User Guide. [Online resource]. Available from: <https://eos.com/en/user-guide/crop-monitoring/> (In Russ.).
15. Kliukin AD. Modern development of digitalization of the agroindustrial complex: domestic and foreign experience. *Agrarian Economics*. 2022;(12):72-86 (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Мамытов Аянбек Артурович:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазНУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
<https://orcid.org/0009-0006-2782-997X>,
e-mail: ayansgood777@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mamytov Ayanbek Arturovich:
master's student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
<https://orcid.org/0009-0006-2782-997X>,
e-mail: ayansgood777@gmail.com



Токтаров Аян Аскарлович:
ассоциированный профессор,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазНУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
<https://orcid.org/0000-0003-2578-8642>,
e-mail: a.toktarov@satbayev.university

Toktarov Ayan Askarovich:
Ph.D.,
Associate Professor,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
<https://orcid.org/0000-0003-2578-8642>, e-mail:
a.toktarov@satbayev.university



Абдыгалиева Слушаш Сейлбековна:
старший преподаватель,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
<https://orcid.org/0009-0000-5402-6140>,
e-mail: slushash.abdygaliyeva@gmail.com

Abdygalieva Slushash Seylbekovna:
Senior Lecturer,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
<https://orcid.org/0009-0000-5402-6140>,
e-mail: slushash.abdygaliyeva@gmail.com



Байтурбай Орынбасар:
ассистент,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
<https://orcid.org/0000-0002-7654-2610>

Baiturbai Orynbasar:
assistant,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
<https://orcid.org/0000-0002-7654-2610>

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.



ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Начало подготовки геологических кадров в городе Иркутске относится к 1919 году, когда был открыт кабинет геологии. Самостоятельно геологический факультет был открыт в 1949 г. Выпускники факультета работают в геологических организациях, вузах и академических институтах, выполняя обязанности начальников геологических управлений, главных геологов, начальников отделов, экспедиций и партий, директоров, руководителей секторов и лабораторий научно-исследовательских институтов. Студенты факультета имеют возможность посещать спортивные залы, участвовать в общественной жизни, заниматься искусством, принимать участие в конкурсах, олимпиадах, КВН, студенческих вечерах отдыха.

КАФЕДРЫ

- динамической геологии
- полезных ископаемых
- геологии нефти и газа

ЛАБОРАТОРИИ

- нефтегазопромысловой геохимии
- геоинформационных технологий
- физики нефтяного и газового пласта
- учебная лаборатория бурения скважин
- камнерезная мастерская
- петрографический кабинет
- современных лабораторных методов исследований в динамической и инженерной геологии



Адрес: 664003, г. Иркутск, ул. К.Маркса, 1, Иркутский государственный университет Геологический факультет.
Приёмная комиссия: тел. (3952) 521-564, e-mail: masha-po2010@mail.ru

WWW.N-GN.RU