

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ

HALYK
CHARITY FOUNDATION

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халық»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

**SERIES
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY**

3 (347)

JULY – SEPTEMBER 2023

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

БАС РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н-5**

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы, ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D), ҚР БҒМ Ғылым комитеті «Ақпараттық және есептеуші технологиялар институты» РМК жауапты хатшысы (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сатпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), **Н=23**

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

QUEVEDO Nemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), **Н=5**

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), **Н=42**

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), **Н=26**

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика және информатика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика және ақпараттық коммуникациялық технологиялар сериясы*. Қазіргі уақытта: *«ақпараттық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Тиражы: *300 дана.*

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19*
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Галимжаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, доктор философии (PhD) по специальности Информационные системы, ответственный секретарь РГП «Института информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), **Н=7**

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Сагпаева (Алматы, Казахстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), **Н=23**

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=10**

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=7**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), **Н=5**

РАМАЗАНОВ Тлексабул Сабитович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=5**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), **Н=42**

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), **Н=26**

«Известия НАН РК. Серия физика и информатики».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: *Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).*

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан **№ 16906-Ж** выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *серия физика и информационные коммуникационные технологии.* В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных ККСОН МОН РК по направлению «информационные коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раз в год.*

Тираж: *300 экземпляров.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

EDITOR IN CHIEF:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

MAMYRBAYEV Orken Zhumazhanovich, Ph.D. in the specialty "Information systems, executive secretary of the RSE "Institute of Information and Computational Technologies", Committee of Science MES RK (Almaty, Kazakhstan) **H=5**

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), **H=3**

WOICIK Waldemar, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland), **H=23**

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), **H=28**

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), **H=5**

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=26**

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), **H=42**

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=12**

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), **H=26**

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

Series of physics and informatics.

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. 16906-ЖК**, issued 14.02.2018
Thematic scope: *series physics and information technology.*

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MES RK in the direction of «information and communication technologies».*

Periodicity: *4 times a year.*

Circulation: *300 copies.*

Editorial address: *28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

UDC 004.8. 004.9

© **Y. Kuchin**^{1,2*}, **N. Yunicheva**^{1,3}, **R.I. Mukhamediev**^{1,2},
E. Mukhamedieva¹, 2023

¹Institute of Information and Computational Technologies MSHE RK, Almaty;

²Satbayev University (KazNITU), Almaty;

³Almaty University of Power Engineering and Telecommunications (AUPET),
Kazakhstan, Almaty.

E-mail: ykuchin@mail.ru

ESTIMATION OF THE POSSIBILITY TO SELECT RESERVOIR OXIDATION ZONES BY MACHINE LEARNING METHODS

Kuchin — PhD student, senior researcher of the Institute of Information and Computational Technologies of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

E-mail: ykuchin@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5271-9071>;

Yunicheva Nadiya — PhD, leading researcher of the Institute of High Technologies of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

E-mail: naduni@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6351-3450>;

Mukhamediev Ravil — PhD, professor, K.I. Satpayev KazNITU, professor

E-mail: ravil.muhamedyev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3727-043X>;

Mukhamedieva Elena — is a researcher at the Institute of Information and Computational Technologies of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

E-mail: muhamedieva@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9596-4432>.

Abstract. Nuclear power, despite the environmental risks involved, remains one of the cleanest ways to meet the growing demand for energy without increasing greenhouse gas emissions. In in-situ leaching (ISL) uranium mining in Kazakhstan, uranium reserves are determined by converting the recorded natural gamma radiation of radium and other uranium decay products to uranium content. In zones of reservoir oxidation (ROZ, in the presence of pronounced gamma anomalies, uranium is completely absent, so they must be taken into account when calculating uranium reserves. Not accounting for reservoir oxidation zones (ROZ when planning uranium mining by in-situ leaching is one of the main reasons why estimated reserves cannot be confirmed and often leads to huge material losses, when entire mining blocks turn out to be empty. On the other hand, the selection of the LCP by the available methods is expensive and time-consuming, and is not always performed in a timely way. The paper considers the possibility of separating the ROSs using machine learning methods. For this purpose, the

wells were divided into three classes depending on the characteristics of the ROZ. RandomForestClassifier showed an average accuracy of 0.55, but the values varied greatly depending on the class of wells.

Keywords: uranium mining, well geophysical survey, machine learning, classification, boosting

Acknowledgements. *The work was carried out with the financial support of the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant: № AP14869110 «Improving the accuracy of solving problems of interpretation of geophysical well research data on uranium deposits using machine learning methods»).*

© Я. Кучин^{1,2*}, Н. Юничева^{1,3}, Р.И. Мухамедиев^{1,2}, Е. Мухамедиева¹, 2023

¹Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы;

²Сатбаев университеті, Алматы;

³Ф. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы.

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН ҚАБАТТЫҢ ТОТЫҒУ АЙМАҚТАРЫН ОҚШАУЛАУ МҮМКІНДІГІН БАҒАЛАУ

Кучин Ян Игоревич — PhD студенті, ҚР БҒМ ҒК АЕТИ аға ғылыми қызметкері

E-mail: ykuchin@mail.ru. ORCID идентификаторы: <https://orcid.org/0000-0002-5271-9071>;

Юничева Надия Рафкатовна — т. ғ. к., доцент, ҚР БҒМ ҒК АЕТИ жетекші ғылыми қызметкері

E-mail: naduni@mail.ru. ORCID идентификаторы: <https://orcid.org/0000-0001-6351-3450>;

Мұхамедиев Равиль Ильгизович — инженерия ғылымдарының докторы, ҚазҰТУ профессоры

E-mail: ravil.muhamedyev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3727-043X>;

Мұхамедиева Елена — ҚР БҒМ ҒК АЕТИ ғылыми қызметкері

E-mail: muhamedijeva@gmail.com. ORCID/<https://orcid.org/0000-0001-9596-4432>.

Аннотация. Атом энергиясы, ілеспе экологиялық тәуекелдерге қарамастан, парниктік газдар шығарындыларын арттырмай, энергияға өсіп келе жатқан сұранысты қамтамасыз етудің ең таза әдістерінің бірі болып қала береді. Атом электр станцияларының жұмысын қамтамасыз ету үшін уран кенін өндіру қажет. Қазақстанда жерасты ұңғымалық шаймалау (ЖҰШ) әдісімен уран өндіру кезінде уран қорлары радийдің және уранның ыдырауының басқа да өнімдерінің тіркелген табиғи гамма-сәулеленуін уран құрамына қайта есептеу жолымен айқындалады. Қабаттың тотығу аймақтарында (ҚТА) айқын гамма-аномалиялары болған кезде уран мүлдем жоқ, сондықтан оларды уран қорларын есептеу кезінде ескеру қажет. Жерасты ұңғымаларын шаймалау әдісімен уран өндіруді жоспарлау кезінде қабаттың тотығу аймақтарын (ҚТА) есепке алмау есептік қорларды растай алмаудың негізгі себептерінің бірі болып табылады және көбінесе бүкіл тау-кен блоктары бос болған кезде үлкен материалдық шығындарға әкеледі. Сонымен қатар, ҚТА -ны қолданыстағы әдістермен бөлу қымбат және еңбекті қажет етеді, әрдайым уақтылы орындалмайды

Мақалада ҚТА-ны машиналық оқыту әдістерімен бөліп көрсету мүмкіндігі қарастырылады. Ол үшін ұңғымалар ҚТА сипаттамаларына байланысты үш сыныпқа бөлінді. RandomForestClassifier ҚТА 0.55 шығарудың орташа дәлдігін көрсетті, бірақ мәндер ұңғымалар класына байланысты айтарлықтай өзгерді.

Түйін сөздер: уран өндіру, ұңғымаларды геофизикалық зерттеу, машиналық оқыту, жіктеу, бустинг

Алғыс. Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен орындалды (грант: № АР14869110 «Машиналық оқыту әдістерінің көмегімен уран кен орындарындағы ұңғымалардың геофизикалық зерттеулерінің деректерін түсіндіру міндеттерін шешу дәлдігін арттыру».

© Я. Кучин^{1,2*}, Н. Юничева^{1,3}, Р.И. Мухамедиев^{1,2}, Е. Мухамедиева¹, 2023

¹Институт информационных и вычислительных технологий МНВО РК,
Алматы;

² КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, Алматы;

³Алматинский Университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы.
E-mail: ykuchin@mail.ru, naduni@mail.ru

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОН ПЛАСТОВОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Кучин Ян Игоревич — PhD студент, старший научный сотрудник ИИВТ КН МОН РК

E-mail: ykuchin@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5271-9071>;

Юничева Надия Рафкатовна — к.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник ИИВТ КН МОН

РК; E-mail: naduni@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6351-3450>;

Мухамедиев Равиль Ильгизович — д. инж. н., профессор КазНИТУ им. К.И. Сатпаева,
профессор

E-mail: ravil.muhamedyev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3727-043X>;

Мухамедиева Елена — научный сотрудник ИИВТ МОН РК

E-mail: muhamedijeva@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9596-4432>.

Аннотация. Ядерная энергия несмотря на сопутствующие экологические риски остается одним из наиболее чистых способов обеспечения растущего спроса на энергию без увеличения выбросов парниковых газов. Для обеспечения работы атомных электростанций необходима добыча урановой руды. При добыче урана методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) в Казахстане, запасы урана определяются путем пересчета зарегистрированного естественного гамма-излучения радия и других продуктов распада урана в содержание урана. В зонах пластового окисления (ЗПО), при наличии ярко выраженных гамма-аномалий уран полностью отсутствует, поэтому их необходимо учитывать при подсчете запасов урана. Не учёт зон пластового окисления (ЗПО) при планировании добычи урана методом подземного скважинного выщелачивания является одной из основ-

ных причин невозможности подтвердить расчетные запасы и часто приводит к огромным материальным потерям, когда целые добычные блоки оказываются пустыми. В то же время, выделение ЗПО существующими методами является дорогим и трудозатратным и не всегда выполняется своевременно. В статье рассматривается возможность выделения ЗПО методами машинного обучения на основе данных каротажа. Для этого скважины были разделены на три класса в зависимости от характеристик ЗПО. RandomForestClassifier показал среднюю точность выделения ЗПО 0.55, однако значения сильно варьировались в зависимости от класса скважин.

Ключевые слова: добыча урана, геофизические исследования скважин, машинное обучение, классификация, бустинг

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан Республики Казахстан (грант: № AP14869110 "Повышение точности решения задач интерпретации данных геофизических исследований скважин на урановых месторождениях с использованием методов машинного обучения).

Введение

Особенности формирования месторождений предопределяют их радиологическую обстановку и элементный состав. При этом, как правило, в рудной залежи наблюдается недостаток радия в сравнении с равновесным состоянием, а в ее обрамлении радиоактивное равновесие нарушено в сторону избытка радия, что является следствием образования т.н. «остаточных» и «диффузионных» ореолов радия. Это связано с тем, что, месторождения пластово-инфильтрационного типа формируются в осадочных проницаемых толщах горных пород на границе окислительно-восстановительного барьера. А поскольку в окислительной и восстановительной обстановках поведение подвижных форм урана и радия существенно различаются, в различных морфологических элементах рудных тел в результате процессов «выноса-привноса» «материнского» урана и «дочернего» радия возникают геохимические зоны, где соотношения массовых долей радия и урана отличаются от значений, соответствующих состоянию радиоактивного равновесия между ними.

Состояние радиоактивного равновесия между радием и ураном принято характеризовать коэффициентом нарушения радиоактивного равновесия (или просто коэффициентом радиоактивного равновесия) K_{pp} , который равен отношению массовых долей радия и урана.

Таким образом, значение величины $K_{pp} = 1$ соответствует наличию радиоактивного равновесия, а отличие значений K_{pp} от единицы фиксирует наличие систем, не достигших равновесия либо претерпевших нарушения их замкнутости.

В разрезе рудное тело на гидрогенных месторождениях урана имеет вид

ролла, перемещающегося в направлении движения пластовых вод (рис. 1), а изменение K_{pp} подчиняется следующим основным закономерностям (Domarenko, 2011):

1) средние значения K_{pp} для различных морфологических элементов рудных тел, участков и геохимических зон месторождений (с содержанием урана более 0,01 %) меняются в достаточно широких пределах — от 0,60 до 1,0;

2) непосредственно за фронтом пластового окисления радиоактивное равновесие смещено в сторону избытка радия ($K_{pp} = 1,5-2,5$ и более) - вплоть до практически полного отсутствия урана. Это так называемые «остаточные» радиевые ореолы;

3) по мере перехода в зону восстановления радиоактивное равновесие постепенно от равновесных руд (вблизи зоны пластового окисления — ЗПО) смещается в сторону избытка радия, формируя на границе рудных тел с содержанием урана 0,01 % и выше маломощные (0,2–0,4 м) области радиевых оторочек (т. н. «диффузионные» радиевые ореолы), окаймляющие рудное тело.

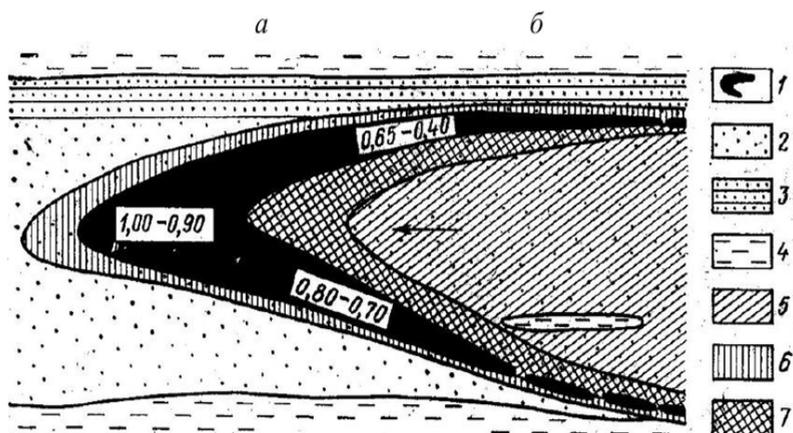


Рис.1. Схема радиологической зональности в разрезе рудовмещающего горизонта пластово-инфильтрационных месторождений урана.

Fig. 1. Schematic of radiological zoning in the cross section of the ore-bearing horizon of layer-infiltration uranium deposits.

На рисунке 1 стрелка указывает направление движения пластовых вод, числа - значение K_{pp} , а - зона восстановления, б - зона окисления: 1 - урановое рудное тело; 2 - пески; 3 - глинистые песчаники; 4 - глины, алевролиты; 5 - окисленные породы (зона пластового окисления); б - диффузионный ореол радия; 7 - остаточный ореол радия.

В настоящее время содержание урана определяется путем деления содержания радия, полученного в результате интерпретации гамма-каротажа (ГК), на K_{pp} (Инструкция, 2006).

При ГК регистрируется естественное гамма-излучение радия и других продуктов распада урана. Поскольку в зонах пластового окисления $K_{pp}=\infty$, т.е. при наличии ярко выраженных гамма-аномалий, уран полностью отсутствует, их необходимо учитывать при интерпретации гамма-каротажа. ЗПО можно выделять при анализе керна на этапе разведки, а затем строить геологические разрезы и протягивать их по геологическим разрезам, как показано на рис. 2.

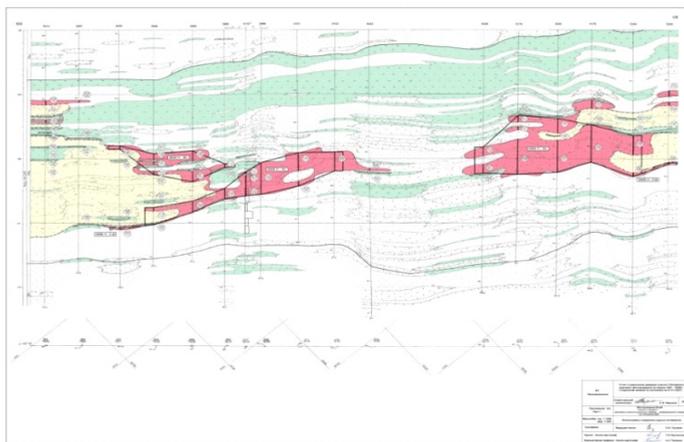


Рис. 2. Геологический разрез, зоны ЗПО (выделены желтым) справа и слева.

Fig. 2. Geologic cross-section, the ROZ zones (highlighted in yellow) on the right and left.

Однако отбор керна и проведение лабораторных исследований — долгий и дорогостоящий процесс. Кроме того, построение разрезов и экстраполяция выделенных ЗПО не всегда производится своевременно и корректно, требует высокой квалификации и значительного ручного труда. В результате, зачастую первоначальная интерпретация проводится без учета ЗПО, а потом приходится делать перерасчет уже с учетом ЗПО, что приводит к существенному уменьшению первоначально подсчитанных запасов урана, на которых было основано все планирование добычи.

Другим способом выделения ЗПО является проведение каротажа нейтронов деления (КНД), позволяющим определять содержание урана в естественном залегании, исключая ошибки, связанные с изменением коэффициента радиоактивного равновесия в процессе выщелачивания урана, а также дает возможность оценивать геотехнологические параметры (влажность, глинистость, пористость). Также этот метод позволяет непосредственно определять содержания урана, минуя стадию пересчета содержания радия в содержание урана через K_{pp} . В таких случаях ЗПО выделяются там, где рудным интервалам по гамма-каротажу не соответствуют рудные интервалы по КНД.

Пример переинтерпретации ГК после выделения ЗПО по результатам КНД приведен на рис. 3.

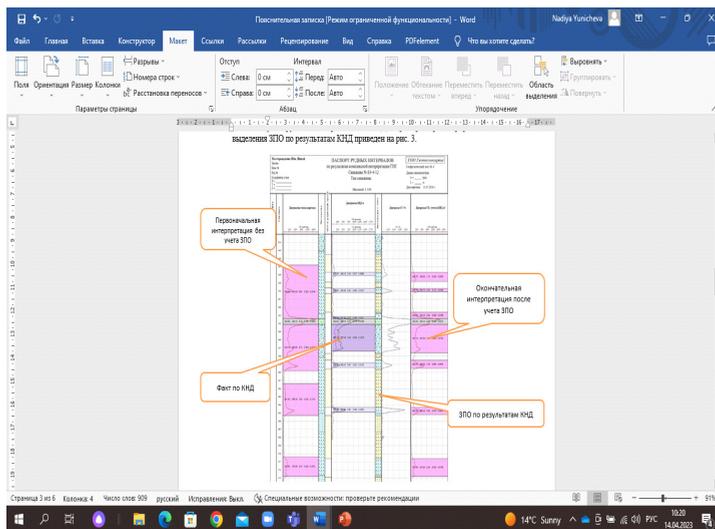


Рис. 3. Пример переинтерпретации ГК после выделения ЗПО по результатам КНД.
Fig. 3. Example of re-interpretation of the GC after selecting an ROZ based on the results of the KND.

На рисунке видно, что фактические рудные интервалы по КНД оказались значительно меньше рассчитанных по радию. Однако проведение КНД стоит дорого, скорость каротажа составляет не более 50 м/ч (скорость проведения ГК составляет до 1000 м/ч), но главное ограничение состоит в том, что ресурс используемой трубки генератора нейтронов крайне ограничен. Поэтому КНД заказывают не на всех месторождениях и в небольших объемах (5–10 %) от общего количества скважин.

Методы и материалы

Неучет ЗПО является одной из основных причин неподтверждения запасов и часто приводит к существенным материальным потерям, когда целые блоки оказываются пустыми. В то же время на данный момент нет быстрого и надежного способа выделения ЗПО для корректной интерпретации ГК. Создание формализованного алгоритма выделения ЗПО также представляется невозможным.

В этой связи одним из перспективных направлений решения данной проблемы может стать машинное обучение (МО), когда предсказание расположения ЗПО будет осуществляться путем анализа всей совокупности имеющейся геологической и геофизической информации, путем выявления закономерностей, не замечаемых людьми. Авторам не удалось найти публикации на данную тему, хотя в целом, машинное обучение широко применяется в области анализа геологических данных (Mukhamediev, 2020; Mukhamediev, 2022; Nguyen, 2019; Mukhamediev, 2021; Cracknell, 2014; Kumar, 2020; Chengxiang, 2017; Sun, 2020; Merembayev, 2019; Amirgaliev, 2013; Mukhamediev, 2014; Kuchin, 2019; Kuchin, 2020).

Для оценки возможности применения МО для выявления ЗПО предложено провести целый ряд исследований, возможная схема которых приведена на рис 4.

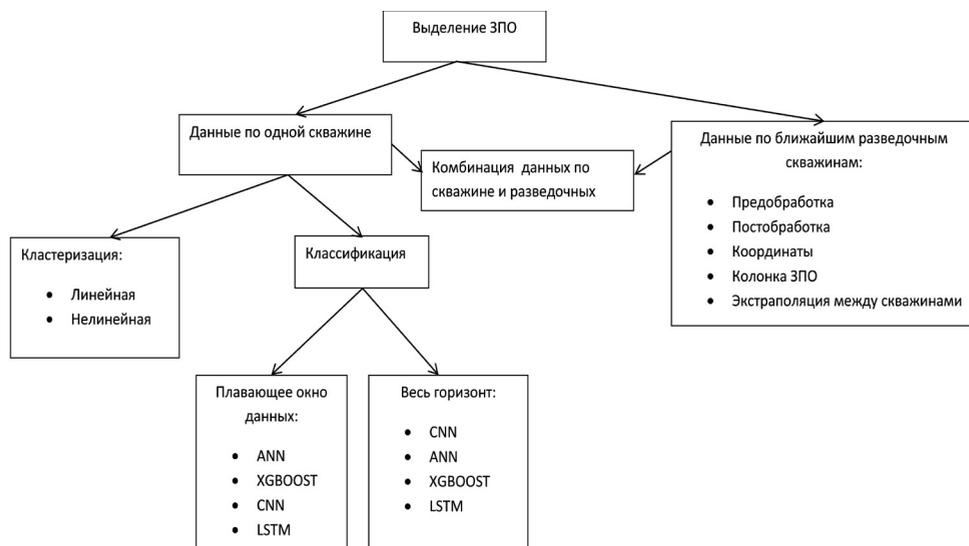


Рис. 4. Схема исследования применимости методов МО для выделения ЗПО
 Fig. 4. The research scheme on the applicability of ML methods for the selection of the ROZ

Таким образом, методологическая схема исследования состоит из следующих этапов:

Создание специального набора данных с разделением скважин на три класса: 42 скважины без ЗПО (LOW_ZPO), 84 скважины с долей ЗПО 5–50 % от рудовмещающего горизонта (MEDIUM ZPO) и 42 скважины с долей ЗПО более 50 % рудовмещающего горизонта (HI_ZPO).

В качестве входных параметров использовались данные гамма-каротажа, электрокаротажа (КС, ПС), литология (поскольку ЗПО может находиться только в проницаемых породах), глубина и координаты устья скважины, а также данные по ближайшей соседней скважине.

Разработка методов предобработки данных;

Применение методов машинного обучения.

В качестве классификатора использовался RandomForestClassifier (RFC), который представляет собой ансамбль деревьев решений (Ho, 1995) (рис. 5). Это один из самых гибких и простых в использовании алгоритмов. RFC создает деревья решений для случайно выбранных семплов данных, получает прогноз от каждого дерева и выбирает наилучшее решение посредством голосования. Он также предоставляет довольно эффективный критерий важности показателей (признаков).

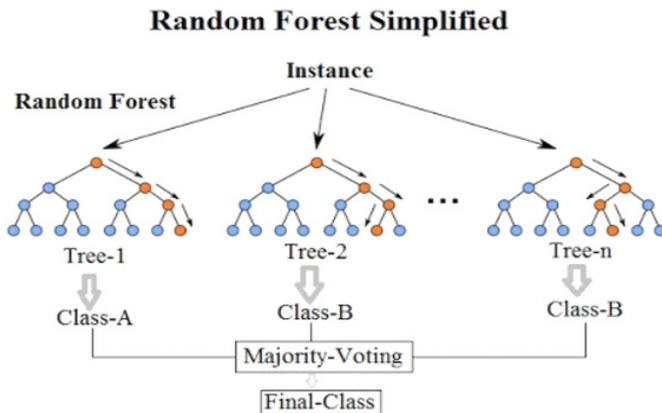


Рис. 5. Классификатор RandomForestClassifier
 Fig. 5. RandomForestClassifier

Обсуждение и результаты

На данный момент проведены предварительные эксперименты применения модели RandomForestClassifier на плавающем окне данных. В ходе экспериментов, точность определения ЗПО сильно варьировалась в зависимости от класса скважины, но в среднем составила 0.55, что позволяет сделать вывод о принципиальной возможности решения задачи выделения ЗПО методами МО. Для оценки работы классификатора был разработан простейший визуализатор, который показывает фактические (синие) и предсказанные (красные) трех классов: 1-проницаемые породы, 2-непроницаемые породы, 8 – ЗПО, при этом ось Y представляет собой глубину в пределах рудовмещающего горизонта с шагом 10см. Примеры результатов выделения ЗПО с помощью вышеупомянутой модели на разных классах скважин (LOW_ZPO, MEDIUM_ZPO и HI_ZPO) приведены на рис. 6, 7 и 8.

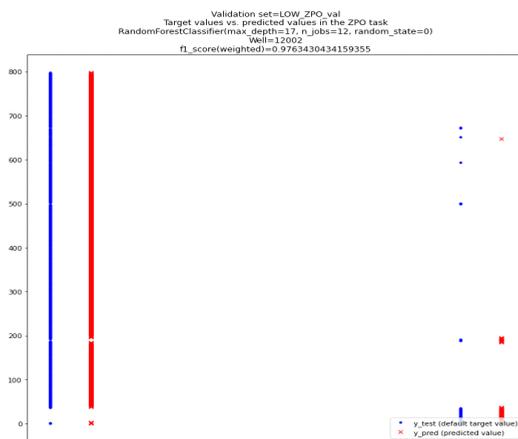


Рис. 6. Пример фактических и предсказанных классов пород для скважины LOW_ZPO
 Fig. 6. Example of real and forecasted rock classes for well LOW_ZPO

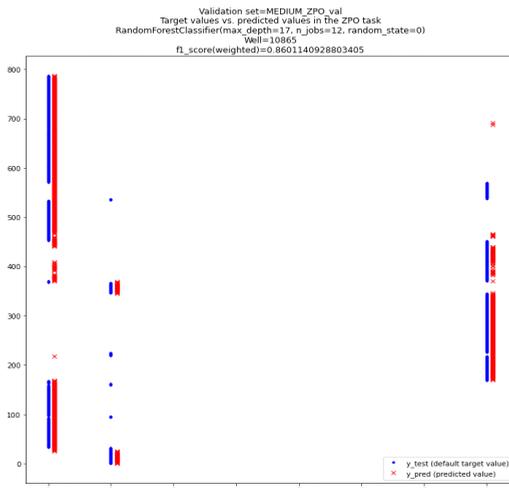


Рис. 7. Пример фактических и предсказанных классов пород для скважины MEDIUM_ZPO
 Fig. 7. Example of real and forecasted rock classes for well MEDIUM_ZPO

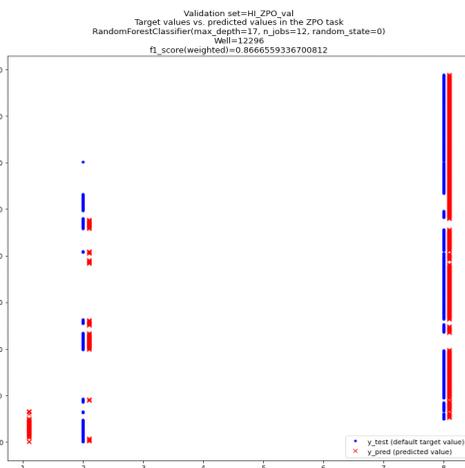


Рис. 8. Пример фактических и предсказанных классов пород для скважины HI_ZPO
 Fig. 8. Example of real and forecasted rock classes for well HI_ZPO

Заклучение

Выделение ЗПО требует интенсивной работы разных специалистов и требует значительного времени. Зачастую геологические разрезы, содержащие ЗПО не делаются вовремя и недоступны на этапе интерпретации гамма-каротажа и подсчета запасов. Альтернативный метод, каротаж нейтронов деления (КНД-м), ввиду технической сложности и дороговизны выполняется лишь на 1–5 % скважин. Игнорирование ЗПО может привести к неправильной оценке запасов, т.е. при фактическом отсутствии урана, запасы, подсчитанные по принятой методике по гамма-активности его продуктов распада, могут показаться значительными. Это приведет к бурению и обустройству десятков

или даже сотен «пустых» скважин, финансовые потери могут составить от 5 до 10 млн долларов в год.

В целом, неточности в определении литологического состава, фильтрационных характеристик и ЗПО приводят к ошибкам в технологическом процессе установки фильтров, ошибкам в определении запасов руды и в конечном счете существенным финансовым потерям. Существующие методики решения перечисленных проблем разработаны начиная с 70-х годов прошлого века, не поддаются существенной модернизации и требуют большое количество высокопрофессионального ручного труда.

Таким образом, для преодоления вышеперечисленных трудностей, в данной статье исследован вопрос возможности выделения зон пластового окисления методами машинного обучения.

Для проверки справедливости данной гипотезы создан специальный набор данных с разделением скважин на три класса: скважины без ЗПО, скважины с долей ЗПО 5–50 % от рудовмещающего горизонта и скважины с долей ЗПО более 50% рудовмещающего горизонта.

В качестве входных параметров использовались данные гамма-каротажа, электрокаротажа (КС, ПС), литология (поскольку ЗПО может находиться только в проницаемых породах), глубина и координаты устья скважины, а также данные по ближайшей соседней скважине. Далее проведена процедура разработки методов предобработки данных и применены методы машинного обучения.

В результате экспериментов можно сделать вывод о возможности применения методов машинного обучения для выделения ЗПО. Тем не менее, учитывая важность и ответственность выделения ЗПО при подсчете запасов, для оценки возможности промышленного применения алгоритма выделения ЗПО методами МО, необходимо провести все исследования согласно схеме на рис. 4, а также дать ответы следующие вопросы:

- Какова минимальная требуемая точность при выделении ЗПО.
- Можно ли достичь требуемую точность?
- Нужны ли для этого дополнительные данные?
- Достижима ли требуемая точность, если использовать только данные по одной скважине, без учета соседних?
- Transfer Learning. Можно ли перенести модель, разработанную на данных одного месторождения на другие месторождения?

Для ответа на перечисленные вопросы исследования по данному направлению будут продолжены до окончания срока реализации проекта в следующем году.

ЛИТЕРАТУРА

Амиргалиев Е., Исаков С., Кучин Я., Мухамедиев Р. (2013). Методы машинного обучения в задачах распознавания пород на урановых месторождениях // Известия НАН РК: Серия физико-математических наук. -2013. - № 3. – С.82–88.

Домаренко В.А. (2011). Рациональные методы поисков и геолого-экономической оценки

месторождений руд редких и радиоактивных элементов. Часть 1. Прогнозирование, поиски и оценка: Учебное пособие. 220с. (на русском).

Инструкция (методические рекомендации) по подземному выщелачиванию урана (2006). 315 с. (на русском).

Крекнелл М. (2014). Машинное обучение для геологического картирования: Алгоритмы и приложения". Докторская диссертация, Школа наук о Земле, Университет Тасмании, Хобарт, Австралия.

Кумар С., Чаттерджи С., Ооммен Т., Гуха А. (2020). Автоматизированное литологическое картирование путем интеграции методов спектрального усиления и алгоритмов машинного обучения с использованием гиперспектральных данных AVIRIS-NG в золотоносных гранитно-зеленокаменных породах в Хатти, Индия // *Международный журнал прикладных наблюдений Земли. Геоинф.* – 2020. - № 86, статья 102006.

Кучин Я., Якунин К., Мухамедиева Е., Мухамедиев Р. (2020). Проект по созданию классификатора литологических типов для урановых месторождений Казахстана // *Физика: Серия конференций.* – 2020. - № 1405(1). – С. 012001.

Кучин Я., Мухамедиев Р., Якунин К. (2019). Качество классификации данных при непоследовательных экспертных оценках // *Облако науки.* -2019. - № 6(1). -С.109–126. (На русском).

Мерембаев Т., Юнусов Р., Едилхан А. (2019). Алгоритмы машинного обучения для классификации стратиграфии на урановых месторождениях // *Материалы по компьютерным наукам.* – 2019. -№ 150.- С.46–52.

Мухамедиев Р., Амиргалиев Е., Исаков С., Кучин Я., Мухамедиева Е. (2014). Интеграция результатов алгоритмов распознавания на урановых месторождениях. *Журнал передового вычислительного интеллекта и интеллектуальной информатики*, 18(3):347–352.

Мухамедиев Р.И. и др. (2022). Оценка фильтрационных свойств вмещающих пород в урановых месторождениях песчаникового типа с использованием методов машинного обучения // *IEEE Access.* – 2022. - №10. – С.18855–18872. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3149625.

Мухамедиев Р.И., Кучин Я.А., Якунин К.О., Мухамедиева Е.Л., Костарев С.В. (2020). Предварительные результаты оценки литологических классификаторов для урановых месторождений инфильтрационного типа // *Облако науки.* -2020. -№7(2). -С.258–272. (На русском).

Мухамедиев Р.И., Сымагулов А., Кучин Ю., Якунин К. и Елис М. (2021). От классического машинного обучения к глубоким нейронным сетям: Упрощенный наукометрический обзор // *Прикладн. науки.* – 2021. -№ 11(12). -С.554.

Нгуен Г. (2019). Среды и библиотеки машинного обучения и глубокого обучения для крупномасштабного интеллектуального анализа данных: опрос // *Обзор искусственного интеллекта.* -2019. -№ 52(1). -С.77–124.

Сан Т., Х. Ли, К. Ву, Ф.Ч., З. Жу, З. Ху (2020). Моделирование перспективности полезных ископаемых на основе данных с использованием методов машинного обучения и глубокого обучения: Исследование на примере южной провинции Цзянси, Китай // *Минералы.* -2020. -№ 10(2). -С.102.

Чэнсян Д., Хэпин П., Синан Ф., Конате А., Руйдун Ц. (2017). Машина опорных векторов как альтернативный метод для классификации литологии кристаллических пород // *Журнал геофизики и инженерии.* -2017. -№ 14(2). – С. 341–349.

Кучин Я., Мухамедиев Р., Якунин К., Грундспенкис Дж. Сымагулов А. (2020). Оценка влияния экспертной маркировки обучающих данных на качество автоматической классификации литологических групп с помощью искусственных нейронных сетей // *Прикладные компьютерные системы.* -2020. -№ 25(2). -С145–152, <https://doi.org/10.2478/acss-2020-0016>.

Кучин Ю.И., Мухамедиев Р.И., Якунин К.О. (2020). Один из методов генерации синтетических данных для оценки верхней границы производительности алгоритмов машинного обучения // *Cogent Engineering.* – 2020. - № 7(1). -С.1718821.

Хо Т. (1995). Метод случайного леса. 3-я международная конференция по анализу и распознаванию документов IEEE". -1995. -№ 1. -С.278–282.

REFERENCES

Amirgaliev E., Iskakov S., Kuchin Y., Mukhamediev R. (2013). Machine Learning Methods in the Problems of Rock Recognition at Uranium Deposits //News of the NAS RK. Physics and Mathematics Series, 3, 82–88.

Chengxiang D., Heping P., Sinan F., Konaté A., Ruidong Q. (2017). Support vector machine as an alternative method for lithology classification of crystalline rocks //Journal of Geophysics and Engineering, 14(2), 341–349.

Cracknell M. (2014). Machine learning for geological mapping: Algorithms and applications." Ph.D. dissertation, School of Earth Science, University of Tasmania, Hobart, Australia.

Domarenko V.A. (2011). Rational methods of search and geological-economic evaluation of deposits of ores of rare and radioactive elements. Part 1. Forecasting, prospecting and evaluation: a training manual. 220p. (In Russ.).

Instruction (methodical recommendations) on underground uranium in-situ leaching" (2006).315p. (In Russ.).

Kuchin Y., Yakunin K., Mukhamedyeva E., Mukhamedyev R. (2019). Project on creating a classifier of lithological types for uranium deposits in Kazakhstan. Journal of Physics: Conference Series, 1405(1), 012001.

Kuchin Y., Mukhamediev R., Yakunin K., Grundspenkis J., Symagulov A. (2020). Assessing the Impact of Expert Labelling of Training Data on the Quality of Automatic Classification of Lithological Groups Using Artificial Neural Networks // Applied Computer Systems, 25(2), 145–152, <https://doi.org/10.2478/acss-2020-0016>.

Kumar C., Chatterjee S., Oommen T., Guha A. (2020). Automated lithological mapping by integrating spectral enhancement techniques and machine learning algorithms using AVIRIS-NG hyperspectral data in Gold-bearing granite-greenstone rocks in Hutti, India //Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf., 86: art. no. 102006.

Merembayev T., Yunussov R., Yedilkhan A. (2019). Machine learning algorithms for stratigraphy classification on uranium deposits //Procedia Computer Science, 150, 46–52.

Muhamediyev R., Amirgaliev E., Iskakov S., Kuchin Y., Muhamedyeva E. (2014). Integration of Results of Recognition Algorithms at the Uranium Deposits //Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 18(3), 347–352.

Mukhamediev R.I. et al. (2022). Estimation of Filtration Properties of Host Rocks in Sandstone-type Uranium Deposits Using Machine Learning Methods //IEEE Access, 10,18855–18872. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3149625

Mukhamediev R.I., Kuchin Y.A., Yakunin K.O., Mukhamedieva E.L., Kostarev S.V. (2020). Preliminary results of the assessment of lithological classifiers for uranium deposits of the infiltration type // Cloud of Science, 7(2), 258–272. (In Russ.).

Mukhamediev R.I., Symagulov A., Kuchin Y., Yakunin K., Yelis M. (2021). From Classical Machine Learning to Deep Neural Networks: A Simplified Scientometric Review //Appl. Sci., 11(12), 554.

Nguyen G. et al. (2019). Machine Learning and Deep Learning frameworks and libraries for large-scale data mining: a survey // Artificial Intelligence Review, 52(1), 77–124.

Sun T., Li H., Wu K., Chen F., Zhu Z., Hu Z. (2020). Data-Driven Predictive Modelling of Mineral Prospectivity Using Machine Learning and Deep Learning Methods: A Case Study from Southern Jiangxi Province, China. Minerals, 10(2), 102.

Ho T.K. (1995). Random decision forests // 3rd international conference on document analysis and recognition IEEE", 1, 278–282.

МАЗМҰНЫ

| | |
|---|-----|
| Г. Әбдіқалық, Ә. Мұқанова, А. Назырова CRF ЖӘНЕ RANDOM FOREST МОДЕЛДЕРІНІҢ КӨМЕГІМЕН ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕ АТАЛҒАН ОБЪЕКТІЛЕРДІ ТАҢУ: САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ..... | 7 |
| Г.Б. Абдикеримова, М.Б. Есенова, Т.Т. Оспанова, У.Ж. Айтимова, М. Айтимов ҒАРЫШТЫҚ КЕСКІНДЕРДІ ӨНДЕУДЕ АҚПАРАТТЫҚ ТЕКСТУРАЛЫҚ ЛАВС МАСКАЛАР ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ..... | 18 |
| Б.У. Асанова, Б.Б. Оразбаев, Ж.Ж. Молдашева, Г.Ж. Шүйтенов, Э.М. Дюсембина ТҮРЛІ СИПАТТАҒЫ ҚОЛ ЖЕТІМДІ АҚПАРАТТАР НЕГІЗІНДЕ БАЯУ КОКСТЕУ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСҚАН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ АГРЕГАТТАРЫ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ ӘДІСТЕМЕСІ..... | 28 |
| Г.Б. Бахадирова, Н. Тасболатұлы, А.С. Муканова, Ш. Тураев MATLAB SIMULINK-ТЕ СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЖҮЙЕ ҮШІН КЕРІ БАЙЛАНЫСТЫ СЫЗЫҚТЫҚ БАСҚАРУДЫ ЖОБАЛАУ..... | 44 |
| Е.С. Голенко, А.А. Исмаилова ПРЕДСКАЗАНИЕ ФУНКЦИЙ БЕЛКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАЦИИ VILSTM И АЛГОРИТМА САМОВНИМАНИЯ..... | 62 |
| Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева CNN НЕГІЗІНДЕ ҚАЗАҚ ЫМ ТІЛІН ТАҢУ..... | 76 |
| К.К. Кадиркулов, А.А. Исмаилова, Ә.Б. Бейсегұл ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ МОДЕЛІН ТАҢДАУ..... | 88 |
| А. Муканова, А. Муханова, Т. Оспанова, А. Бакиева, В. Махатова ҚҰЗЫРЕТТІК ТӘСІЛДЕР НЕГІЗІНДЕГІ БІЛІМ БЕРУ БАҒДАРЛАМАЛАРЫН ӨЗІРЛЕУДІҢ МАҢЫЗДЫ АСПЕКТІЛЕРІ..... | 99 |
| Ш.Ж. Мусиралиева, М.А. Болатбек, М. Сағынай, Ж.Ы. Елтай, К.Б. Багитова ЭКСТРЕМИСТІК МӘЛІМЕТТЕР ТҮСІНІГІ ЖӘНЕ ЭКСТРЕМИЗМГЕ ҚАРСЫ КҮРЕС ЖОБАЛАРЫНА ЖҮЙЕЛІК ШОЛУ..... | 112 |
| Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Жунусова, Б. Жұмажанов КҮРДЕЛІ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫ БАР ТІЛГЕ АРНАЛҒАН ЗАМАНАУИ ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ..... | 131 |
| Б.Т. Рзаев, Ж.Т. Бельдеубаева, И.М. Увалиева СТЕКИНГ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АҚПАРАТТЫҚ ЖЕЛІДЕГІ ЗИЯНДЫ ДЕРЕКТЕРДІ АНЫҚТАУ..... | 147 |
| Н.С. Баймулдина, Г.Н. Скабаева, А.Д. Жақсыбаева БИОТЕХНОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУІ..... | 161 |
| А.Ә. Таурбекова, Ө.Ж. Мамырбаев, Б. Т. Қарымсакова, Б. Ж. Жұмажанов МАГМАНЫҢ ШЫҒУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ..... | 176 |
| Г.С. Шаймерденова, Р.А. Саркулакова, М.М. Тұрғанбекова, Б.Ө. Тастанбекова, М.Т. Байжанова, МОБИЛЬДІ ЖӘНЕ ОНЛАЙН-БАНКИНГТЕГІ ЖЕТІСТІКТЕР: ТЕХНОЛОГИЯЛАР МЕН ИННОВАЦИЯЛАРДЫ КЕШЕНДІ ТАЛДАУ..... | 193 |
| Я. Кучин, Н. Юничева, Р.И. Мухамедиев, Е. Мухамедиева МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН ҚАБАТТЫҢ ТОТЫҒУ АЙМАҚТАРЫН ОҚШАУЛАУ МҮМКІНДІГІН БАҒАЛАУ..... | 210 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Г. Абдикалык, А. Муканова, А. Назырова РАСПОЗНАВАНИЕ ИМЕНОВАННЫХ ИМЕНОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ В КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛЕЙ CRF И RANDOM FOREST: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ..... | 7 |
| Г.Б. Абдикеримова, М.Б. Есенова, Т.Т. Оспанова, У.Ж. Айтимова, М. Айтимов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНФОРМАТИВНОЙ ТЕКСТУРНОЙ МАСОК ЛАВСА ПРИ ОБРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ..... | 18 |
| Б.У. Асанова, Б.Б. Оразбаев, Ж.Ж. Молдашева, Г.Ж. Шуйтенов, Э.М. Дюсембина МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ УСТАНОВКИ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ДОСТУПНОЙ ИНФОРМАЦИИ РАЗЛИЧНОГО ХАРАКТЕРА..... | 28 |
| Г.Б. Бахадирова, Н. Тасболатұлы, А.С. Муканова, Ш.Тураев ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ В MATLAB SIMULINK..... | 44 |
| Е.С. Голенко, А.А. Исмаилова ПРЕДСКАЗАНИЕ ФУНКЦИЙ БЕЛКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНАЦИИ VILSTM И АЛГОРИТМА САМОВНИМАНИЯ..... | 62 |
| Л.З. Жолшиева, Т.К. Жукабаева, Ш. Тураев, М.А. Бердиева РАСПОЗНАВАНИЕ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА НА ОСНОВЕ CNN..... | 76 |
| К.К. Кадиркулов, А.А. Исмаилова, Ә.Б. Бейсегұл ВЫБОР МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 88 |
| А. Мукашова, А. Муханова, Т. Оспанова, А. Бакиева, В. Махагова ВАЖНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ, ОСНОВАННЫХ НА КОМПЕТЕНТНОСТНОМ ПОДХОДЕ..... | 99 |
| Ш.Ж. Мусиралиева, М.А. Болатбек, М. Сағынай, Ж.Ы. Елтай, К.Б. Багитова ПОНЯТИЕ ЭКСТРЕМИСТСКИХ ДАННЫХ И СИСТЕМНЫЙ ОБЗОР ПРОЕКТОВ ПО БОРЬБЕ С ЭКСТРЕМИЗМОМ..... | 112 |
| Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Жунусова, Б. Жумажанов ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЯЗЫКОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЯЗЫКА СО СЛОЖНОЙ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ..... | 131 |
| Б.Т. Рзаев, Ж.Т. Бельдеубаева, И.М. Увалнева ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВРЕДОНОСНЫХ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА СТЕКИНГА..... | 147 |
| Н.С. Баймулдина, Г.Н. Скабаева, А.Д. Жақсыбаева ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В ОБЛАСТИ БИОТЕХНОЛОГИИ..... | 161 |
| А.А. Таурбекова, О.Ж. Мамырбаев, Б.Т. Карымсакова, Б.Ж. Жумажанов ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИСТЕЧЕНИЯ МАГМЫ..... | 176 |
| Г.С. Шаймерденова, Р.А. Саркулакова, М.М. Турганбекова, Б.О. Тастанбекова, М.Т. Байжанова ДОСТИЖЕНИЯ В МОБИЛЬНОМ И ОНЛАЙН-БАНКИНГЕ: КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ИННОВАЦИЙ..... | 193 |
| Я. Кучин, Н. Юничева, Р.И. Мухамедиев, Е. Мухамедиева ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗОН ПЛАСТОВОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ..... | 210 |

CONTENTS

| | |
|--|-----|
| G. Abdikalyk, A. Mukanova, A. Nazyrova NAMED ENTITY RECOGNITION FOR KAZAKH LANGUAGE USING CRF AND RANDOM FOREST MODELS: A COMPARATIVE STUDY..... | 7 |
| G.B. Abdikerimova, M.B. Yessenova, T.T. Ospanova, U.Zh Aitimova, M. Murat USE OF INFORMATION TEXTURE LAWS MASK METHODS IN SPACE IMAGE PROCESSING..... | 18 |
| B. Assanova, B. Orazbayev, Zh. Moldasheva, G. Shuitenov, E. Dyussemina METHODOLOGY FOR DEVELOPING MODELS OF INTERRELATED TECHNOLOGICAL UNITS OF A DELAYED COKING UNIT ON THE BASIS OF AVAILABLE INFORMATION OF A DIFFERENT NATURE..... | 28 |
| G.B. Bahadirova, H. Tasbolatuly, A.S. Mukanova, Sh. Turaev DESIGNING LINEAR FEEDBACK CONTROL FOR A NONLINEAR SYSTEM IN MATLAB SIMULINK..... | 44 |
| Y.S. Golenko, A.A. Ismailova PROTEIN FUNCTION PREDICTION USING THE COMBINATION OF BILSTM AND SELF-ATTENTION ALGORITHM..... | 62 |
| L. Zholshiyeva, T. Zhukabayeva, Sh. Turaev, M. Berdieva KAZAKH SIGN LANGUAGE RECOGNITION BASED ON CNN..... | 76 |
| K. Kadirkulov, A. Ismailova, A. Beissegul SELECTION OF A MACHINE LEARNING MODEL FOR INTERPRETING LABORATORY RESULTS..... | 88 |
| A. Mukashova, A. Mukanova, T. Ospanova, A. Bakiyeva, V. Makhatova IMPORTANT ASPECTS OF DEVELOPING EDUCATIONAL PROGRAMS BASED ON THE COMPETENCY-BASED APPROACH..... | 99 |
| Sh. Mussiraliyeva, M. Bolatbek, M. Sagynay, Zh. Yeltay, K. Bagitova THE CONCEPT OF EXTREMIST DATA AND A SYSTEMATIC REVIEW OF ANTI-EXTREMISM PROJECTS..... | 112 |
| D. Oralbekova, O. Mamyrbayev, A. Zhunussova, B. Zhumazhanov STUDY OF MODERN METHODS OF LANGUAGE MODELING FOR A LANGUAGE WITH A COMPLEX MORPHOLOGICAL STRUCTURE..... | 131 |
| B. Rzayev, Zh. Beldeubayeva, I. Uvaliyeva IDENTIFICATION OF MALICIOUS DATA IN THE INFORMATION NETWORK BY USING THE STACKING METHOD..... | 147 |
| N.S. Baimuldina, G.N. Skabayeva, A. Zhaksybayeva PROJECT MANAGEMENT SOFTWARE IN THE FIELD OF BIOTECHNOLOGY..... | 161 |
| A.A. Taurbekova, O.Zh. Mamyrbaev, B.T. Karymsakova, B.Zh. Zhumazhanov INVESTIGATIONS OF MAGMA OUTPUT PROCESS..... | 176 |
| G.S. Shaimerdenova, R.A. Sarkulakova, M.M. Turganbekova, B.O. Tastanbekova, M.T. Baizhanova ADVANCEMENTS IN MOBILE AND ONLINE BANKING: A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS..... | 193 |
| Y. Kuchin, N. Yunicheva, R.I. Mukhamediev, E. Mukhamedieva ESTIMATION OF THE POSSIBILITY TO SELECT RESERVOIR OXIDATION ZONES BY MACHINE LEARNING METHODS..... | 210 |

**Publication Ethics and Publication Malpractice
the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Подписано в печать 28.09.2023.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

18,0 п.л. Тираж 300. Заказ 3.