

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СПЕЦИФИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Агафонов В.В.¹, Козлова О.Ю.², Борисов Б.Б.¹

¹*Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва;*

²*МИРЭА – Российский технологический университет, Москва*

Ключевые слова: метанугольное месторождение, технологичность извлечения запасов, природно-техногенная специфика, метановые ресурсы, геолого-гидродинамическое моделирование, диверсификация технологических платформ, когенерационные технологии.

Аннотация. В статье актуализируется необходимость использования процедуры оценки технологичности и природно-техногенной специфики извлечения запасов метанугольных месторождений при диверсификации технологических платформ угольных шахт с привлечением когенерационных технологий на базе сопутствующего процессам угледобычи такого георесурса как газ метан. В качестве основного методологического инструмента осуществления данной процедуры заявляются основные инструменты и элементы оптимизационных модельных представлений с методическим геолого-гидродинамическим наполнением *Shlumberge Petrel* и *Tempest Roxar*, которые в архитектурном наполнении программно обеспечены специализированными утилитами, адаптированными к реализации РИГИС. Данные специализированные утилиты обеспечивают работу специального конфигуратора с задействованным алгоритмом формирования и построения в графической форме изотерм сорбции Лэнгмюра. Обработка результирующих данных и преобразование их в соответствующие grids метанового насыщения в динамическом тренде позволяет достаточно точно и объективно определить ресурсные объемы метановых запасов, подлежащих извлечению и утилизации в форме переработки в соответствующие виды продукции в результате использования и вовлечения в технологический производственный процесс угледобычи технологий гидрорасщеления. Неблагоприятные тенденции прогностических функций технологичности и природно-техногенной специфики извлечения запасов метанугольных месторождений могут оказать непосредственное влияние на технико-экономическую эффективность диверсификации технологических платформ угольных шахт с привлечением когенерационных технологий

ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGICAL AND NATURAL-TECHNOGENIC SPECIFICITY OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF MINING

Agafonov V.V.¹, Kozlova O.Yu.², Borisov B.B.¹

¹*National University of Science and Technology "MISIS", Moscow;*

²*MIREA – Russian Technological University, Moscow*

Keywords: methane-coal deposit, technological feasibility of reserves extraction, natural and technological specifics, methane resources, geological and hydrodynamic modeling, diversification of technological platforms, cogeneration technologies.

Abstract. The article highlights the need to use the procedure for assessing the technological and natural-technogenic specifics of extracting reserves from methane-coal deposits in the process of diversifying technological platforms for coal mines with the use of cogeneration technologies based on the georesource of methane gas accompanying coal mining processes. The main methodological tool for carrying out this procedure is the main tools and elements of optimization model representations with *Shlumberge Petrel* and *Tempest Roxar* methodological geological and hydrodynamic content, which are provided with specialized utilities adapted to the implementation of RIGIS. These specialized utilities provide the operation of a special configurator with an algorithm involved in the formation and construction of Langmuir sorption isotherms in graphical form. Processing the resulting data and converting them into corresponding grids of methane saturation in a dynamic trend allows for a fairly accurate and objective determination of the resource volumes of methane reserves that are to be extracted and utilized in the form of processing into corresponding types of products as a result of the use and involvement of hydro-dissection technologies in the technological production process of coal mining. Adverse trends in the predictive functions of technological efficiency and the natural and technological specifics of extracting reserves from methane coal deposits may have a direct impact on the technical and economic efficiency of diversifying the technological platforms of coal mines using cogeneration technologies.

Введение

Международный рынок энергоносителей, в котором соответствующую нишу занимает угольная продукция, в последнее время характеризуется наличием неблагоприятных тенденций в области его переформатирования и передела, особенно в части ценообразования экспортной составляющей, что обуславливает ее высокую волатильность. Безусловно, при этом возникает ряд проблем внутреннего и внешнего характера, от быстроты устранения которых кардинально зависит стратегическая независимость и безопасность Российской Федерации на всех временных трендах устойчивого развития. Реализовать мероприятия по устранению этих диспропорций возможно только на базовой платформе и основе внедрения в функциональные структуры угледобывающих предприятий вспомогательных производств, деятельность которых направлена на получение конечных продуктов с высоким уровнем добавленной стоимости. В формате угольной отрасли основополагающими составляющими представленного механизма повышения ее технико-экономической эффективности являются технологические платформы извлечения, утилизации и переработки сопутствующих георесурсов, в частности газа-метана, что подразумевает наличие определенных механизмов и инструментов диверсификации ее деятельности [1-3].

Анализ различных аспектов недропользования в данной области показал приоритет использования технологий с когенерационными составляющими, которые уже доказали свою жизнеспособность и экономическую эффективность в разнообразных форматах реализации с учетом дополнительного экологического синергетического воздействия.

Материалы и методы исследований

В связи с выполненными в последнее время проектными проработками в части освоения Элегестского метаноугольного месторождения имеет смысл оценить его перспективы в плане наличия соответствующей технологичности и природно-техногенной специфики извлечения метаноугольных запасов с горно-геологической и горнотехнической точек зрения.

Основное целеполагание при этом должно быть реализовано в контексте выявления технологических и экономических преимуществ функционального передела платформ угледобычи и их видоизменения и переформатирования на внедрение работоспособных структур когенерационного типа.

Анализ прикладных исследований в заявленной проблематичной области показал, что в качестве основного методологического инструмента осуществления данной процедуры заявляются основные инструменты и элементы оптимизационных модельных представлений с методическим геолого-гидродинамическим наполнением *Shlumberge Petrel* и *Tempest Roxar*, которые в архитектурном наполнении программно обеспечены специализированными утилитами, адаптированными к реализации РИГИС. Данные специализированные утилиты обеспечивают работу специального конфигулятора с задействованным алгоритмом формирования и построения в графической форме изотерм сорбции Лэнгмюра. Обработка результирующих данных и преобразование их в соответствующие grids метанового насыщения в динамическом тренде позволяет достаточно точно и объективно определить ресурсные объемы метановых запасов, подлежащих извлечению и утилизации в форме переработки в соответствующие виды продукции в результате использования и вовлечения в технологический производственный процесс угледобычи технологий гидрорасщеления.

Результаты

Заявленное архитектурное и алгоритмическое наполнение предложенного подхода базируется на визуальном восприятии топологических особенностей Элегестского каменноугольного месторождения, которые сформированы по результатам аэрокосмической съемки со спутника *Landsat* (рис. 1).

Представленные топологические особенности площадного распространения месторождения обусловили рациональность его деления по блочному принципу. Данный принцип реализует постулат наличия принципиально разных и параметрически отличающихся

фрагментов горно-геологических и горнотехнических условий извлечения георесурсов (рис. 2). Фрагментарное представление основных факторов горно-геологической направленности, которые непосредственно участвуют в формировании наивысшего маржинального дохода при извлечении георесурсов [4], представлены на рисунке 3. Немаловажное значение при этом в рамках используемых когенерационных технологий имеет и структурный анализ геодинамических особенностей оцениваемого месторождения [5], который реализуется в рамках научно-методического обеспечения, приведенного на рисунке 4.

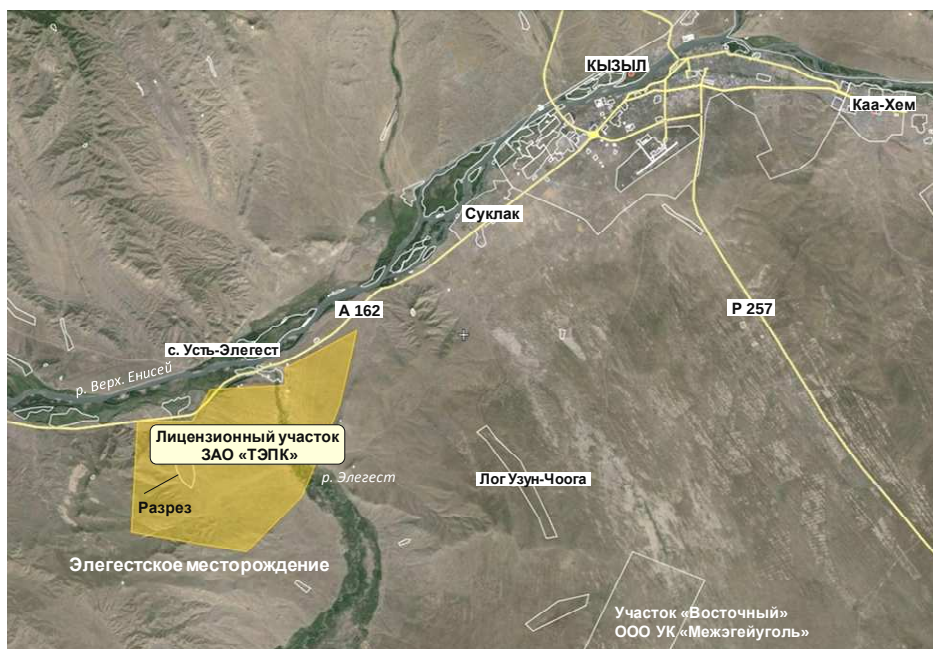


Рис. 1. Топологические особенности Элегестского каменноугольного месторождения, сформированные по результатам аэрокосмической съемки со спутника *Landsat*

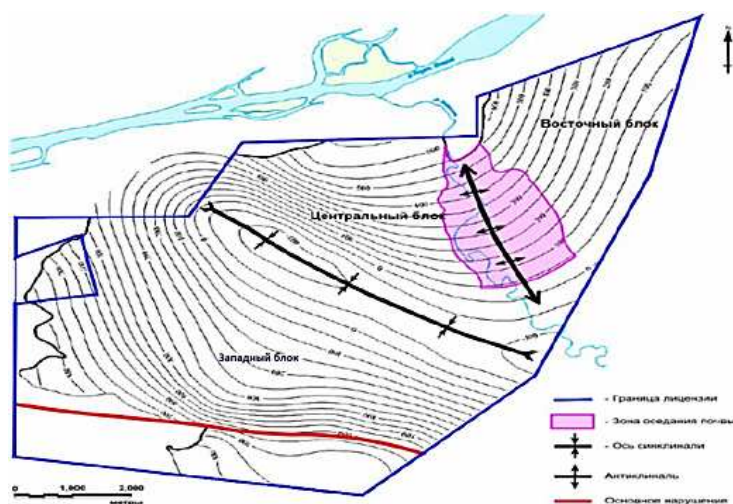


Рис. 2. Блочный принцип деления площадного распространения месторождения

Заявленные в рамках проведения исследований элементы оптимизационных модельных представлений с методическим геолого-гидродинамическим наполнением *Shlumberge Petrel* и *Tempest Roxar*, которые в архитектурном наполнении программно обеспечены специализированными утилитами, адаптированными к реализации РИГИС, на конечной стадии реализации показали прогнозные максимальные уровни метановыделения с площадного распространения блоков более $400,0 \text{ м}^3/\text{мин}$, что, безусловно, благоприятствует внедрению сопутствующих угледобыче когенерационных технологий в рамках проведения обязательной дегазации угольных пластов [6-9].

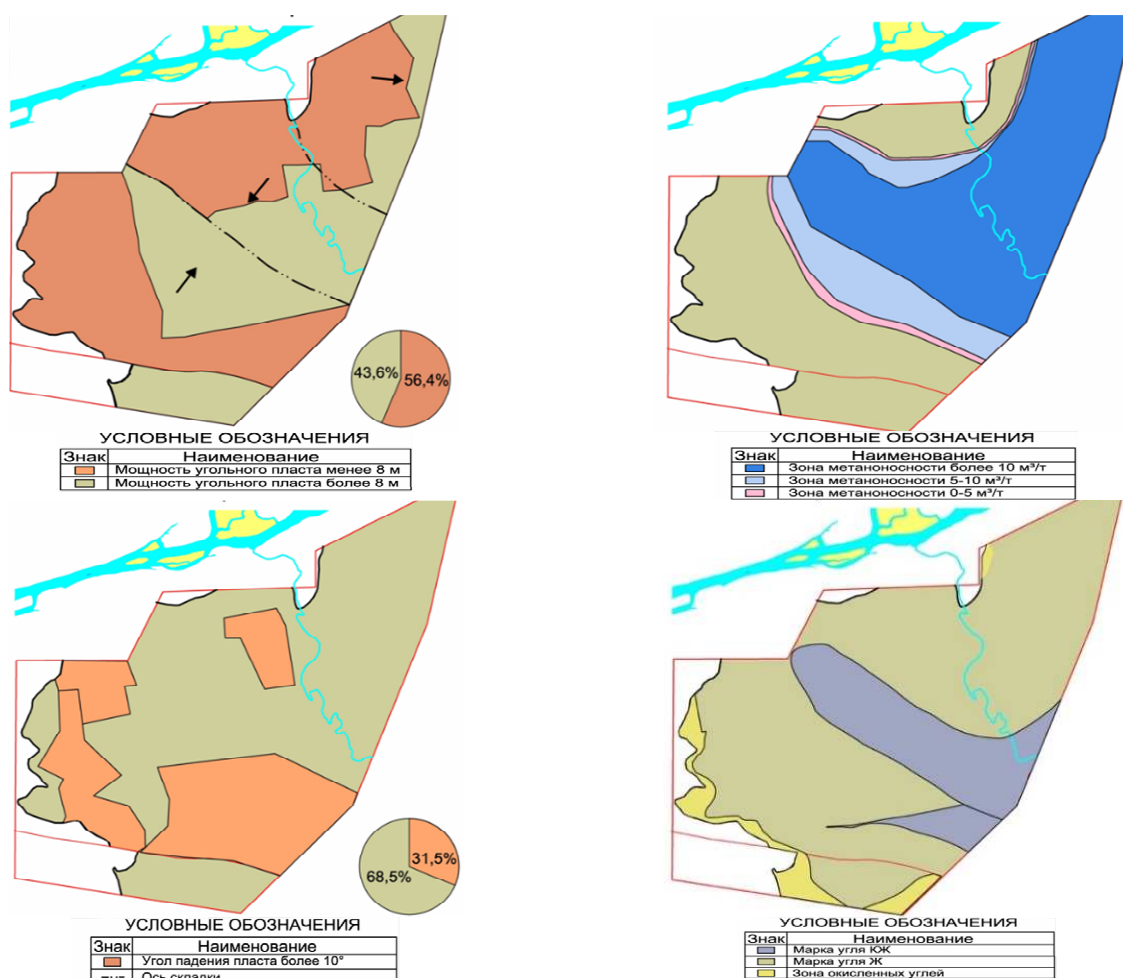


Рис. 3. Фрагментарное представление основных факторов горно-геологической направленности, которые непосредственно участвуют в формировании наивысшего маржинального дохода при извлечении георесурсов [4]



Рис. 4. Научно-методическое обеспечение анализа геодинамических особенностей месторождения

Программно обеспеченные специализированные утилиты, адаптированные к реализации РИГИС в рамках *Shlumberger Petrel*, реализованные в соответствующей операционной расчетной среде, обозначили уровень прогнозных извлекаемых метановых георесурсов, соотносенный к площадному распространению всех эксплуатационных блоков [10] (рис. 5).

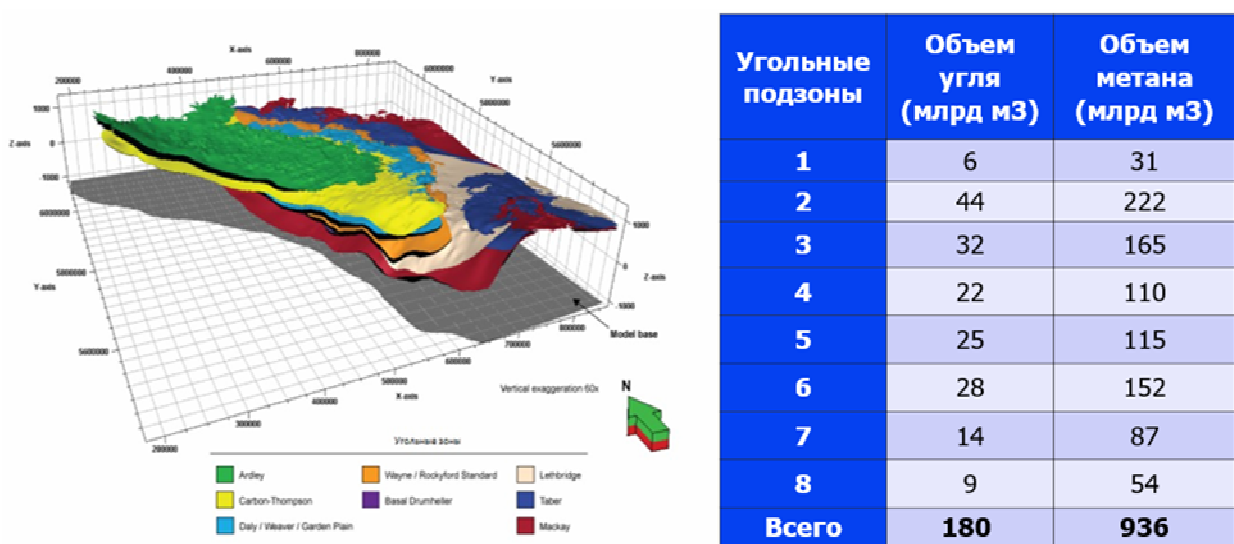


Рис. 5. Уровень прогнозных извлекаемых метановых георесурсов, соотнесенный к площадному распространению всех эксплуатационных блоков на Элегестском метаноугольном месторождении

Заключение. В соответствии с выявленным фрагментарным представлением основных факторов горно-геологической направленности, участвующих в общей оценке технологичности и которые непосредственно участвуют в формировании наивысшего маржинального дохода при извлечении георесурсов лицензионный участок рационально раскрыть в соответствии с блочным принципом на три обособленных выемочных эксплуатационных блока с разными сроками их освоения. В первоочередную отработку должен быть вовлечен Западный блок. Так как общая оценка технологичности и природно-техногенной специфики извлечения запасов рассматриваемого метаноугольного месторождения показала наличие ряда негативных составляющих при выполнении основных производственных процессов, то для нивелирования и устранения их влияния требуется разработка и внедрение превентивных технологических решений в области дегазации и геодинамических проявлений.

Список литературы

1. Чжан Л., Пономаренко Т.В., Сидоров Д.В. Оценка чистых угольных технологий с применением технологии улавливания, утилизации и хранения углерода в угольной промышленности Китая // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2024. – №2. – С. 105-128. – doi.org/10.25018/0236_1493_2024_2_0_105.
2. Гоосен Е.В., Никитенко С.М., Каган Е.С., Рада А.О., Никитина О.И. Трансформация производственных цепочек в угольной отрасли: организационно-технологические аспекты // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – №3. – С. 163-179. – doi.org/10.25018/0236_1493_2023_3_0_163.
3. Саббаган А., Фролов В.Я., Кожубаев Ю.Н., Милицын А.А., Ершов Р.В. Методы утилизации шахтных газов для производства электроэнергии и тепла // Известия Тульского государственного университета: Технические науки. – 2025. – №2. – С. 97-109. – doi.org/10.24412/2071-6168-2025-2-97-98.
4. Байсаров Р.С. Комплексная оценка благонадежности запасов и технологичности горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации Элегестского каменноугольного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – №S19. – С. 9-14. – doi.org/10.25018/0236-1493-2017-9-19-9-14.
5. Носов А.П., Ахрем А.А., Рахманкулов В.З. Анализ эффективности декомпозиции OLAP-гиперкубов данных для методов экспоненциальной вычислительной сложности. // Математика и математическое моделирование. – 2021. – №3. – С. 29-45. – doi.org/10.24108/mathm.0321.0000258.
6. Бутырская Е.В. Графический способ определения параметров однослойной кластерной адсорбции // Успехи в химии и химической технологии. – 2024. – Т. 38, №3. – С. 22-24.
7. Оганесян А.С., Агафонов В.В., Маскаев К.В., Бычков А.С., Алимов В.А. Сравнительный анализ разных типов технических средств для реализации когенерационных технологий в угольном производстве // Уголь. – 2023. – №5. – С. 96-98. – doi.org/10.18796/0041-5790-2023-5-96-98.
8. Агафонов В.В., Маскаев К.В., Бычков А.С., Алимов В.А. Концептуальные основы методологии проектирования угольных производств с когенерационными технологиями // Уголь. – 2023. – №5. – С. 34-36. – doi.org/10.18796/0041-5790-2023-5-34-36.

9. Непша Ф.С., Воронин В.А., Ливен А.С., Корнеев А.С. Оценка целесообразности применения когенерационных установок на угольных шахтах Кузбасса // Записки Горного института. – 2023. – Т. 259. – С. 141-150. – doi.org/10.31897/PMI.2023.2.
10. Грунис Е.Г., Хасанов Д.И. Подсчет запасов объемным и вероятностным методами с помощью программного комплекса Petrel-2013 // Геология нефти и газа. – 2017. – №5. – С. 113-118.

References

1. Zhang L., Ponomarenko T.V., Sidorov D.V. Assessment of Clean Coal Technologies Using Carbon Capture, Utilization, and Storage Technology in the Chinese Coal Industry // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2024, no. 2, pp. 105-128. doi.org/10.25018/0236_1493_2024_2_0_105.
2. Goosen E.V., Nikitenko S.M., Kagan E.S., Rada A.O., Nikitina O.I. Transformation of Production Chains in the Coal Industry: Organizational and Technological Aspects // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2023, no. 3, pp. 163-179. doi.org/10.25018/0236_1493_2023_3_0_163.
3. Sabbagan A., Frolov V.Ya., Kozhubaev Yu.N., Militsyn A.A., Ershov R.V. Methods of Mine Gas Utilization for the Production of Electricity and Heat // Izvestiya of Tula State University: Technical Sciences. 2025, no. 2, pp. 97-109. doi.org/10.24412/2071-6168-2025-2-97-98.
4. Baisarov R.S. Comprehensive assessment of the reliability of reserves and the technological feasibility of mining and geological conditions at the Eleget coal deposit // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2017, no. S19. pp. 9-14. doi.org/10.25018/0236-1493-2017-9-19-9-14.
5. 5.Nosov A.P., Akhrem A.A., Rakhmankulov V.Z. Analysis of the Effectiveness of OLAP Data Hypercube Decomposition for Methods of Exponential Computational Complexity // Mathematics and Mathematical Modeling. 2021, no. 3, pp. 29-45. doi.org/10.24108/mathm.0321.0000258.
6. Butyrskaya E.V. Graphical method for determining the parameters of single-layer cluster adsorption // Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2024, vol. 38, no. 3, pp. 22-24.
7. Oganessian A.S., Agafonov V.V., Maskaev K.V., Bychkov A.S., Alimov V.A. Comparative Analysis of Different Types of Technical Means for Implementing Cogeneration Technologies in Coal Production // Coal. 2023, no. 5. pp. 96-98. doi.org/10.18796/0041-5790-2023-5-96-98.
8. Agafonov V.V., Maskaev K.V., Bychkov A.S., Alimov V.A. Conceptual Foundations of the Methodology for Designing Coal Production Facilities with Cogeneration Technologies // Coal. 2023, no. 5, pp. 34-36. doi.org/10.18796/0041-5790-2023-5-34-36.
9. Nepsha F.S., Voronin V.A., Liven A.S., Korneev A.S. Assessment of the Feasibility of Using Cogeneration Plants in Kuzbass Coal Mines // Journal of Mining Institute. 2023, vol. 259, pp. 141-150. doi.org/10.31897/PMI.2023.2.
10. Grunis E. G., Khasanov D. I. Calculation of reserves by volumetric and probabilistic methods using the Petrel-2013 software package // Geology of Oil and Gas. 2017, no. 5, pp. 113-118.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Агафонов Валерий Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры «Геотехнологии освоения недр»	Agafonov Valery Vladimirovich – doctor of technical sciences, professor of the Department of geotechnology of subsurface development
Козлова Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Высшая математика»	Kozlova Olga Yurievna – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of higher mathematics
Борисов Борис Борисович – аспирант agafonovfvv@yandex.ru	Borisov Boris Borisovich – postgraduate student

Получена 07.04.2026