

Классификация георесурсов в парадигме их комплексного освоения

Ю.С. Тюляева¹, А.М. Хайрутдинов²✉, Е.И. Горелкина^{3,4}

¹Международный университет Флориды, Майами, Флорида, США

²Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация

³Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва, Российская Федерация

⁴Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Российская Федерация

✉ khayrutdinov.albert99@gmail.com

Резюме: Выделение единого классификационного признака и систематизация знаний о георесурсах в рамках проектируемой горнотехнической системы решить ряд последовательно связанных задач рационального техногенного преобразования недр с учётом комплексности их освоения. Такой исследовательский подход является фундаментом создания условий устойчивого освоения георесурсов. Определен классификационный признак (условия формирования) и выделены три основные категории георесурсов (естественные, искусственные и комбинированные), а также дана их классификация в парадигме комплексного освоения недр. Установлено, что технологическая схема отработки всех категорий георесурсов закладываются на начальной стадии проектирования горнодобывающего предприятия. Определены первоочередные задачи, разрешаемые на стадии проектирования, позволяющие реализовать принцип комплексного освоения георесурсов. Сделаны вывод, что эффективное освоение георесурсов возможно только с одновременной или последовательно-одновременной отработки всех категорий георесурсов. Дальнейшим направлением исследования авторы видят в разработке технологий комплексного освоения всех категорий георесурсов с использованием техногенного и ландшафтного пространства в единой горнотехнической системе.

Ключевые слова: полезные ископаемые, георесурсы, комплексное освоение георесурсов, устойчивое развитие георесурсов, горнодобывающее предприятие

Для цитирования: Тюляева Ю.С., Хайрутдинов А.М., Горелкина Е.И. Классификация георесурсов в парадигме их комплексного освоения. *Горная промышленность*. 2024;(6):140–143. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-6-140-143>

Classification of georesources in the paradigm of their integrated development

Y.S. Tyulyaeva¹, A.M. Khayrutdinov²✉, E.I. Gorelkina^{3,4}

¹Florida International University (FIU), Miami, Florida 33199, United States of America

²National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russian Federation

³RUDN University, Moscow, Russian Federation

⁴Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russian Federation

✉ khayrutdinov.albert99@gmail.com

Abstract: Identification of a unified classification feature and systematization of available knowledge about georesources in the framework of the designed mining system help to resolve a number of sequentially related problems of rational man-made transformation of subsoil resources with account of the complexity of their development. This research approach is the foundation to create conditions for sustainable development of georesources. The classification feature, i.e. the formation conditions, is defined and three main categories of georesources (natural, artificial and combined) are identified, and their classification in the paradigm of the integrated subsoil development is given. It is established that the technological scheme for the development of all categories of georesources is provided at the initial design stage of a mining operation. The priority tasks to be solved at the design stage have been defined, which make it possible to implement the principle of integrated development of georesources. The conclusions are made that effective development of georesources is possible only with simultaneous or sequential-simultaneous mining of all the georesource categories. The authors see the development of technologies for the integrated development of all categories of georesources using man-made and landscape space in a single mining system as the next stage of their research.

Keywords: mineral resources, georesources, integrated development of georesources, sustainability of georesources, mining company

For citation: Tyulyaeva Y.S., Khayrutdinov A.M., Gorelkina E.I. Increasing Classification of georesources in the paradigm of their integrated development. *Russian Mining Industry*. 2024;(6):140–143. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-6-140-143>

Введение

Материальную основу общества составляет минеральное сырьё, объёмы добычи которого ежегодно увеличиваются [1; 2]. Ещё в середине прошлого столетия академиком Н.В. Мельниковым были озвучены проблемы использования природных ресурсов и предложена концепция комплексного подхода к освоению минерально-сырьевой базы [2]. Далее в целях реализации вектора комплексности освоения недр академиком Н.В. Мельниковым были введены понятия – техногенные минеральные ресурсы и техногенные месторождения, которые позднее были дополнены академиком М.И. Агошковым [3]. В процессе добычи и переработки георесурсов происходят постоянные трансформации [4] (образование полостей (пустот) в недрах, накопление техногенных отходов, изменение напряжённо-деформированного состояния пород, деградация земной поверхности и др.), требующие учёта и накладывающие определённые обязательства с целью их минимизации [5; 6] (заполнение пустот, снижение объёмов техногенных накоплений и/или их освоение, повышение полноты извлечения; вовлечение в отработку забалансовых запасов и др.).

Именно баланс между возникающими трансформационными изменениями в ходе ведения горных работ [7–9] и минимизацией воздействия данного производства на экологическую обстановку [10] может свидетельствовать об устойчивом развитии предприятия в частности и региона в целом [11; 12]. Для реализации устойчивого развития в векторе комплексного освоения недр необходимо учитывать не только полноту и качество добываемых ресурсов [13], но и то воздействие, которое оказывается предприятием на деграционные изменения среды [14; 15], а также в обязательном порядке использование всех техногенных образований (отвалов, хранилищ, полостей и др.) [16; 17]. Однако комплексный подход к освоению и использованию минерально-сырьевой базы отдельно взятого предприятия или Земли в целом невозможен без систематизации знаний и уточнения (классификации) основных категорий георесурсов.

Систематизация знаний о георесурсах позволит обеспечить единый подход к проблеме комплексного освоения недр, созданию условий устойчивого развития предприятия в частности и региона в целом, а также формированию экологически безопасного и экономически эффективного устойчивого освоения георесурсов.

Методы и материалы

Систематизация георесурсов и их классификация в целом не решат проблему комплексного освоения месторождений и не сформируют экологически безопасное и экономически эффективное устойчивое их освоение [18; 19]. При этом выделение единого классификационного признака и систематизация знаний позволят создать базис на объединяющей идее, а впоследствии в рамках проектируемой горнотехнической системы решить ряд последовательно связанных задач рационального техногенного преобразования недр с учётом комплексности их освоения. Именно такой исследовательский подход является фундаментом создания условий устойчивого освоения георесурсов, отвечающих требованиям и интересам различных субъектов, находящихся во взаимодействии.

К одним из основных таких требований можно отнести создание социально ответственного и экологически безопасного горно-перерабатывающего предприятия [20; 21].

Парадигма комплексного освоения георесурсов формируется на стадии проектирования предприятия. Принимаемые принципы его устойчивого и экологически сбалансированного развития подлежат корректировке в процессе деятельности. При этом без вовлечения техногенных отходов в переработку невозможно решить задачу комплексного освоения минерально-сырьевой базы. Следовательно, первоочередными задачами являются:

- создание инновационных технологий комплексной разработки природных, техногенных и комплексных (смешанных) георесурсов на базе комбинированных процессов традиционных и физико-химических методов добычи полезных ископаемых;
- изучение особенностей георесурсов всех видов и последующее теоретическое обоснование стратегии их освоения с учётом комплексности и экологической безопасности.

Результаты и обсуждения

С целью систематизации георесурсов был определён классификационный признак – условия формирования, который позволил выделить три основные категории (рис. 1): естественные (геогенные или природные); искусственные (техногенные или рукотворные) и комбинированные (смешанные или природно-техногенные).

Выбор различных перспективных технологических схем промышленного освоения георесурсов в свете реализации стратегии комплексного освоения независимо от их категории предопределяет их многообразие (богатые, рядовые, бедные и забалансовые, отходы добычи и переработки), различные условия формирования, залегания, распределения и др.

Если технологиям извлечения естественных (природных) георесурсов посвящено множество работ и предложено большое количество технологий их отработки, то вовлечение низкосортного сырья, относящегося к комбинированному или искусственному геосырью, является задачей, решаемой на стадии проектирования горного предприятия.



Рис. 1
Классификация георесурсов

Fig. 1
Classification of georesources

При этом необходимо отметить, что при отработке природных георесурсов мы не можем формировать объект освоения, а при вовлечении в переработку искусственного геосырья на стадии проектирования предприятия необходимо решить задачи, позволяющие сформировать объект, подлежащий последующему освоению:

- создание нормативной базы, позволяющей формировать техногенные массивы с заданными характеристиками;
- разработка и внедрение инновационных технологий и оборудования, позволяющих обрабатывать ранее созданные техногенные массивы;
- обоснование методики расчёта закономерностей распределения вещественно-минералогического состава в объёме создаваемого техногенного массива;
- разработка методики вариативного подхода к обоснованию кондиций геосырья и условия их корректировки;
- обоснование методики расчёта определения основных параметров комбинированного геосырья.

Предлагаемая классификация георесурсов позволяет обеспечить единый подход к проблеме комплексного освоения недр, созданию условий устойчивого развития

предприятия в частности и региона в целом, а также формированию экологически безопасного и экономически эффективного устойчивого освоения георесурсов.

Таким образом, вектор, направленный на внедрение технологий, обеспечивающих полный цикл освоения георесурсов, позволит реализовать концепцию комплексного освоения недр.

Заключение

1. Эффективное освоение георесурсов возможно только при комплексности их совместного освоения, то есть с одновременной или последовательно-одновременной обработкой всех категорий георесурсов.
2. Технологическая схема отработки искусственных и комбинированных георесурсов, применяемое оборудование, а также параметры и характеристики таких ресурсов должны закладываться на стадии проектирования отработки естественных георесурсов.
3. Дальнейшим направлением исследования видится разработка технологий комплексного освоения всех категорий георесурсов с использованием техногенного и ландшафтного пространства в единой горнотехнической системе.

Список литературы / References

1. Голик В.И., Гашимова З.А., Лискова М.Ю., Конгар-Сюрюн Ч.Б. К проблеме минимизации объемов мобильной пыли при разработке карьеров. *Безопасность труда в промышленности*. 2021;(11):28–33. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2021-11-28-33>
Golik V.I., Gashimova Z.A., Liskova M.Yu., Kongar-Syuryun C.B. To the problem of minimizing the volume of mobile dust in the development of pits. *Occupational Safety in Industry*. 2021;(11):28–33. (In Russ.) <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2021-11-28-33>
2. Korshak A.A., Vykhodtseva N.A., Gaysin M.T., Korshak A.A., Pshenin V.V. Influence of operating factors on the performance of oil vapor recovery adsorption plants. *Science and Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation*. 2019;9(5):550–557, <https://doi.org/10.28999/2541-9595-2019-9-5-550-557>
3. Конгар-Сюрюн Ч.Б., Ковальский Е.Р. Твердеющие закладочные смеси на калийных рудниках: перспективные материалы, регулирующие напряжённо-деформированное состояние массива. *Геология и геофизика Юга России*. 2023;13(4):177–187. <https://doi.org/10.46698/VNC.2023.34.99.014>
Kongar-Syuryun Ch.B., Kovalski E.R. Hardening backfill at potash mines: promising materials regulating stress-strain behavior of rock mass. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023;13(4):177–187. (In Russ.) <https://doi.org/10.46698/VNC.2023.34.99.014>
4. Ganapathy G.P., Zaalishvili V.B., Chandrasekaran S.S., Melkov D.A. Integrated monitoring of slope process in India and Russia. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2020;12(4):572–581. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2020-12-4-572-581>
5. Mikolas M., Mikusinec J., Abrahamovsky J., Tyulyaeva Y., Srek J. Activities of a mine surveyor and a geologist at design bases in a limestone quarry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;906:012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/906/1/012073>
6. Bacova D., Khairutdinov A.M., Gago F. Cosmic geodesy contribution to geodynamics monitoring. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;906:012074. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/906/1/012074>
7. Brigida V., Golik V.I., Voitovich E.V., Kukartsev V.V., Gozbenko V.E., Konyukhov V.Y., Oparina T.A. Technogenic reservoirs resources of mine methane when implementing the circular waste management concept. *Resources*. 2024;13(2):33. <https://doi.org/10.3390/resources13020033>
8. Kongar-Syuryun Ch., Klyuev R., Golik V., Oganessian A., Solovykh D., Khayrutdinov M., Adigamov D. Principles of sustainable development of georesources as a way to reduce urban vulnerability. *Urban Science*. 2024;8(2):44. <https://doi.org/10.3390/urbansci8020044>
9. Korshak A.A., Nikolaeva A.V., Nagatkina A.S., Gaysin M.T., Korshak A.A., Pshenin V.V. Method for predicting the degree of hydrocarbon vapor recovery at absorption. *Science and Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation*. 2020;10(2):202–209. <https://doi.org/10.28999/2541-9595-2020-10-2-202-209>
10. Jastrzębska M., Kazimierowicz-Frankowska K., Chiaro G., Rybak J. New frontiers in sustainable geotechnics. *Applied Sciences*. 2023;13(1):562. <https://doi.org/10.3390/app13010562>

11. Ma L., Ghorbani Y., Kongar-Syuryun Ch.B., Khayrutdinov M.M., Klyuev R.V., Petenko A., Brigida V. Dynamics of backfill compressive strength obtained from enrichment tails for the circular waste management. *Resources, Conservation & Recycling Advances*. 2024;23:200224. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2024.200224>
12. Fetisov V., Mohammadi A.H., Pshenin V., Kupavykh K., Artyukh D. Improving the economic efficiency of vapor recovery units at hydrocarbon loading terminals. *Oil and Gas Science and Technology*. 2021;76:38. <https://doi.org/10.2516/ogst/2021022>
13. Каунг П.А., Семикин А.А., Хайрутдинов А.М., Дехтяренко А.А. Вовлечение техногенных отходов в переработку – парадигма ресурсного обеспечения устойчивого развития. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2023;15(2):385–397. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2023-15-2-385-397>
Kaung P.F., Semikin A.A., Khayrutdinov A.M., Dekhtyarenko A.A. Recycling of industrial waste is a paradigm of resource provision for sustainable development. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023;15(2):385–397. (In Russ.) <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2023-15-2-385-397>
14. Brigida V.S., Golik V.I., Klyuev R.V., Sabirova L.B., Mambetalieva A.R., Karlina Yu.I. Efficiency gains when using activated mill tailings in underground mining. *Metallurgist*. 2023;67(3-4):398–408. <https://doi.org/10.1007/s11015-023-01526-z>
15. Golik V.I., Mitsik M.F., Aleksakhina Y.V., Alenina E.E., Ruban-Lazareva N.V., Kruzhkova G.V. et al. Comprehensive recovery of metals in tailings utilization with mechanochemical activation. *Resources*. 2023;12(1):113. <https://doi.org/10.3390/resources12100113>
16. Babyr N.V. Topical themes and new trends in mining industry: scientometric analysis and research visualization. *International Journal of Engineering*. 2024;37(2):439–451. <https://doi.org/10.5829/ije.2024.37.02b.18>
17. Коршак А.А., Пшенин В.В. Моделирование выноса водных скоплений из нефтепроводов методами вычислительной гидродинамики. *Нефтяное хозяйство*. 2023;(10):117–122. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2023-10-117-122>
Korshak A.A., Pshenin V.V. Modeling of water slug removal from oil pipelines by methods of computational fluid dynamics. *Neftyanoe Khozyaystvo*. 2023;(10):117–122. (In Russ.) <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2023-10-117-122>
18. Репин С.В., Афанасьев А.С., Добромиров В.Н., Барсуков В.О. Инновационный способ утилизации отходов монолитных строительных конструкций. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2023;15(3):771–783. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2023-15-3-771-783>
Repin S.V., Afanasyev A.S., Dobromirov V.N., Barsukov V.O. Innovative method for disposal of waste of monolithic building structures. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023;15(3):771–783. (In Russ.) <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2023-15-3-771-783>
19. Gabov V.V., Babyr N.V., Zadkov D.A. Mathematical modelling of operation of the hydraulic support system of the powered support sections with impulse-free continuous regulation of its resistance to the roof rock lowering. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021;1064:012045. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1064/1/012045>
20. Коршак А.А., Гайсин М.Т., Пшенин В.В. Использование метода структурной минимизации среднего риска для идентификации массоотдачи испаряющейся нефти при наливке в танкеры. *Нефтяное хозяйство*. 2019;(10):108–111. <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2019-10-108-111>
Korshak A.A., Gaisin M.T., Pshenin V.V. Method of structural minimization of the average risk for identification of mass transfer of evaporating oil at tanker loading. *Neftyanoe Khozyaystvo*. 2019;(10):108–111. (In Russ.) <https://doi.org/10.24887/0028-2448-2019-10-108-111>
21. Afanasyev A., Safiullin R., Kuznetsova E., Podoprighora N., Vaga V. Conceptual approaches to traffic monitoring design under varying conditions of vehicle traffic. In: *2022 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH), Vienna, Austria, 20–22 October 2022*, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/EMCTECH55220.2022.9934067>

Информация об авторах

Тюляева Юлия Сергеевна – аспирант, Международный университет Флориды (FIU), Майами, Флорида США; e-mail: tyulyaevayu@gmail.com

Хайрутдинов Альберт М – аспирант, Горный институт, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-0347-8467>; e-mail: khayrutdinov.albert99@gmail.com

Горелкина Евгения Ильинична – старший преподаватель, Институт экологии, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация; кафедра разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Российская Федерация

Информация о статье

Поступила в редакцию: 13.10.2024

Поступила после рецензирования: 21.11.2024

Принята к публикации: 28.11.2024

Information about the authors

Yulia S. Tyulyaeva – Postgraduate Student, Florida International University (FIU), Miami, Florida 33199, United States of America, tyulyaevayu@gmail.com

Albert M. Khayrutdinov – Postgraduate Student, College of Mining, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-0347-8467>; e-mail: khayrutdinov.albert99@gmail.com

Evgeniya I. Gorelkina – Senior Lecturer, RUDN University, Moscow, Russian Federation; Department of the Development and Operation of Oil and Gas Fields, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russian Federation

Article info

Received: 13.10.2024

Revised: 21.11.2024

Accepted: 28.11.2024