

ГЕОФИЗИКА / GEOPHYSICS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.118>**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА РАЗВИТИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА
ОАО «ТЫРНЫАУЗСКИЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ»**

Научная статья

Геккиева С.О.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0002-8369-812X;¹Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (sgekkieva[at]list.ru)

Аннотация

В настоящее время немалый интерес для развития экономики КБР и в целях улучшения экологического состояния региона представляет хвостохранилище ликвидированного ОАО «Тырныаузский горно-обогатительный комбинат». Однако отсутствие выработанного методологического подхода к формированию организационно-экономического механизма циркулярного недропользования является одной из причин, тормозящих освоение хвостохранилища. Статья посвящена анализу циркулярной экономики, которая позволит обеспечить эффективность и результативность управления отходами недропользования и вторичными минеральными ресурсами, а также будет способствовать улучшению экосистемы туристического кластера Эльбрусского района Кабардино-Балкарской республики.

Ключевые слова: организационно-экономический механизм циркулярного недропользования, хвостохранилище, циркулярная экономика, недропользование, экологический менеджмент, тяжелые металлы, энергопроизводственные циклы.

**ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SUBSTANTIATION OF THE TAILING DUMP DEVELOPMENT PROJECT
OF JSC "TYRNYAUZ MINING AND PROCESSING PLANT"**

Research article

Gekkieva S.O.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0002-8369-812X;¹High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russian Federation

* Corresponding author (sgekkieva[at]list.ru)

Abstract

Currently, the tailing dump of the liquidated JSC "Tyrynyauz Mining and Processing Plant" is of considerable interest for the development of the economy of KBR and in order to improve the ecological condition of the region. However, the lack of developed methodological approach to the formation of organizational and economic mechanism of circular subsurface use is one of the reasons hindering the development of the tailings dump. The article is dedicated to the analysis of circular economy, which will ensure the efficiency and effectiveness of management of subsurface waste and secondary mineral resources, as well as contribute to the improvement of the ecosystem of the tourist cluster of the Elbrus district of the Kabardino-Balkar Republic.

Keywords: organizational and economic mechanism of circular subsurface use, tailing dump, circular economy, subsurface use, environmental management, heavy metals, energy production cycles.

Введение

В начале XX века человечество извлекало из природы 20 элементов периодической системы, а теперь – 92 элемента; из добываемых элементов создается около 100 тыс. химических соединений большинство из которых миллиардами тонн уходит в отходы и вредны для окружающей природы, их невозможно уничтожить путем сжигания, закапывания или сброса в океан. Из 100 млрд. т руды, горных веществ, стройматериалов, извлекаемых из Земли, 98-99% идет в отходы. К примеру, процветающие 20% стран использует 85% мировой древесины, 75% отработанных металлов и 70 % энергии. В Японии утилизация промышленных отходов уже в 80-е годы превысила 58,5%. Возникает вопрос – кто нам мешает прибегнуть к мировому опыту в решении данного вопроса. Мне думается, совершенно недостаточно сводить проблему к чисто материальным факторам, необходимо сосредотачивать основное внимание на уменьшение негативных экологических последствий экономического развития. Весьма тревожит низкая изученность проблемы освоения хвостохранилища, конечно, хотелось бы иметь более широкие подходы, как со стороны властей, так и ученых.

Методы и принципы исследования

В представленной работе проанализированы экологические и экономические аспекты развития района хвостохранилища Тырныаузского вольфрамowo-молибденового комбината (ТВМК). Это единственное в Кабардино-Балкарии сооружение I класса капитальности, которое является самым высоким (~ 168 м) накопителем промышленных отходов в нашей стране. Хвостохранилище создано в русле реки Гижгит методом одностороннего намыва хвостов в подпорную грунтовую плотину. При этом водный сток р. Гижгит после перекрытия ее русла отводится через специальный туннель (сечением ~ 5 м2 и длиной ~ 3,5 км) в обход хвостохранилища в русло р. Баксан. Бывшее русло р. Гижгит, имеющее крутые склоны, занято рядом террас, в разное время заполненных отходами

обогащательной фабрики комбината (мелкодисперсный шлам, перекаченный в виде пульпы). За время эксплуатации хвостохранилища (с 1957 г.) в нем аккумулировано более 80млн. м³ [1] отходов рудной промышленности, содержащих многие виды тяжелых металлов и токсичных соединений, при этом общий объем хвостохранилища с водной составляющей достигает ~ 120 млн. м³.



Рисунок 1 - Хвостохранилище Тырнаузского вольфрамово-молибденового комбината
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.118.1>

Последние 20 лет свежие отходы не поступали. Существовавшие в долине реки экосистемы уничтожены полностью. Прежние биоценозы сохранились на верхних частях склонов над террасами хвостохранилища. На нижних террасах проведена рекультивация, заключающаяся в засыпке каменистого грунта и посадке на самых старых террасах кустарников облепихи. В настоящее время завершена засыпка верхних террас. Тем не менее, мелкодисперсная пыль с открытых участков развевается ветром и разносится на большие расстояния. На террасах сложились разные условия водного режима от засушливого, соответствующего климату района, на верхних и средних террасах до избыточно влажного на нижней, где выходы дренажных вод создали болото. Именно влагообеспеченность в основном влияет на восстановление растительного покрова и его структуру. Обследование показало, что почвенный покров на террасах, кроме заболоченной, не развился. В профиле имеется слой эоловых наносов высохшей пульпы до 5 см, под ним слой завезенного каменисто-песчанного грунта в 10-15 см, ниже многослойный слой того же шлама. На участках с более развитой растительностью имеется лишь хрупкая гумусовая корка толщиной 1-2 мм [1].

Хвостохранилище ТВМК находится в аварийном состоянии. По оценкам экспертов, при разрушении или нарушении работы хвостохранилища в зоне экологической катастрофы окажется территория площадью около 35 тыс. кв. км с населением более 2,5 млн. человек. Актуальность проблемы диктует необходимость принятия безотлагательного решения, чтобы предотвратить такое развитие событий.

Необходимо отметить, что хвостохранилище находится в горной зоне КБР, где время от времени территория подвергается воздействию стихийных бедствий и различных геологических процессов (сели, оползни, обвалы, осыпи, паводки, просадки и т.д.) с немалым материальным ущербом, а иногда и с человеческими жертвами. Эти явления более всего характерны для горных местностей, где перепады высот и температурные колебания весьма значительны.

В годы работы комбината в хвостохранилище по десятикилометровому трубопроводу поступали отходы обогащения вольфрамового, молибденового и медно-висмутового концентратов. Около 30 наименований химических соединений металлов (Mo, Cu, Pb, Zn, Mn, Ag, Bi), каждый из которых в сильных концентрациях смертельно опасен для здоровья человека и животных. По различным оценкам, с 1966 по 2001 год тут было захоронено от 25 до 118 млн. м³ отходов. В настоящее время трубопровод демонтирован, но отходы остаются в озере. Уровень воды в нем поддерживается при помощи сбросного колодца, связанного с водоотводным каналом, соединяющим озеро с р.Баксан. Считается, что отходы на дне озера слиплись практически до состояния цемента. В случае прорыва дамбы хвостохранилища, расположенного рядом с рекой Баксан, они могут нанести экологический и материальный ущерб в значительных масштабах. Имеются научные исследования, в которых приводятся данные, что за десятки лет сброса отходов токсичная пульпа осела не только на пляже, но и на соседних склонах, используемых в качестве пастбищ. В двухтысячных годах намечалось значительное увеличение концентрации молибдена в молоке, шерсти и экскрементах животных [1], [2], [3].

Угроза аварии на данном объекте может возникнуть по многим причинам, в том числе при потере устойчивости низового откоса, переполнении хвостохранилища и размыве поверхностного сбросного канала, разрушении (обвале) обводного туннеля, при землетрясениях и др. Положение резко усугубилось в последние десятилетия в связи с

активизацией развития селевых процессов в вышерасположенном водосборном бассейне р. Гижгит, в результате чего в русло реки выносятся значительные объемы грунтообломочного материала, камней, поваленных деревьев и др. Указанные селевые выносы периодически «затягиваются» потоком воды внутрь туннеля и несут угрозу ее закупорки с последующим вынужденным сбросом стока воды р. Гижгит в верхний бьеф хвостохранилища. Переполнение же последнего чревато прямой угрозой его разрушения, реальность которого показали селевые потоки по реке в 2002 году [1], [2], [3].

Актуальность данного вопроса определяется тем, что исследуется относительно новое для природной среды явление, изменяющееся во времени, явление, а именно, воздействие складирования в горной экосистеме с малым запасом прочности техногенных химических веществ, причем в формах существенно отличающихся от природных. Сроки посттехногенного воздействия уже значительны, и выявлена уникальная ассоциация загрязнителей, отличающихся исключительной биологической активностью, включая генотоксичность [1], [2].

Основные результаты

Для улучшения экологической ситуации в прилегающей к хвостохранилищу районе, при одновременном его экономическом развитии можно достигнуть, только путем системного подхода. Для республики в целом одним из главных факторов ее экономического развития в первую очередь является интенсификация производства. Улучшение и максимальное повторное использование отходов хвостохранилища с помощью циклических систем и инновационных технологий; сотрудничество с производственным сектором для разработки конкурентоспособной высококачественной продукции; хорошая маркировка материалов и сплавов для облегчения идентификации по окончании срока службы [1], [2].

Предлагаемая нами циркулярная (круговая) экономика имеет восстановительный и замкнутый характер [4], [5], [6]. Ее отличает уменьшение объема потребления и переработки первичного сырья, которое достигается за счет использования вторичных ресурсов, что, в свою очередь, приводит к ресурсосбережению, сокращению количества отходов, а вследствие этого и площадей, предназначенных для их захоронения [7], [8].

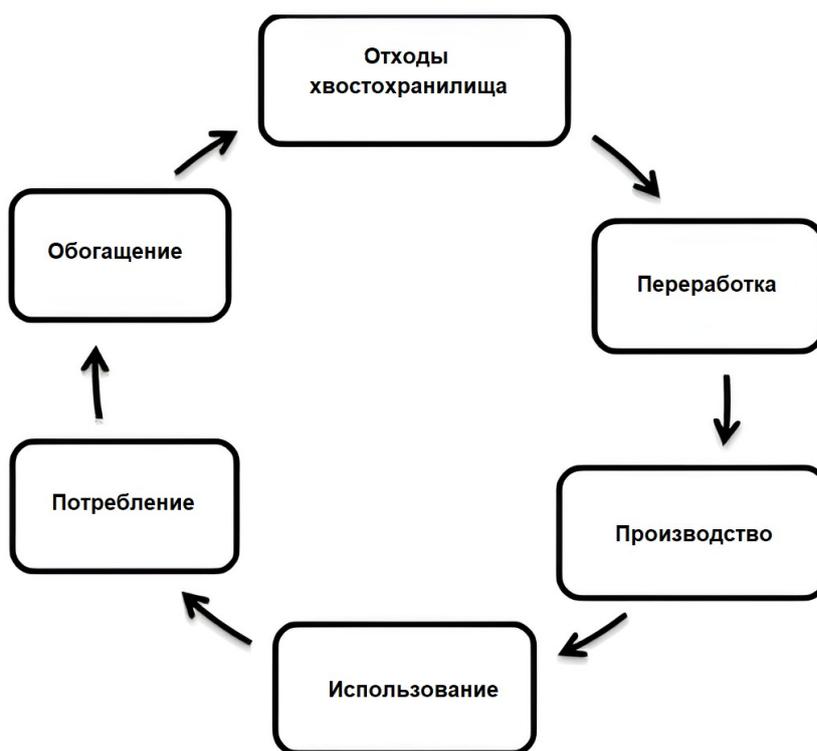


Рисунок 2 - Модель циркулярной экономики
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.118.2>

Применение принципа циркулярной системы к отходам хвостохранилища сведет к минимуму использование ресурсов и образование отходов. Все «отходы» должны стать «пищей» для другого процесса: либо побочным продуктом, либо регенерированным ресурсом для другого промышленного процесса, либо в качестве восстанавливаемого ресурса для природы (например, компоста). Известно, что круговые бизнес-модели, основанные на энергопроизводственных циклах – могут быть такими же прибыльными, как и линейные, что позволяет потребителям продолжать пользоваться аналогичными продуктами и услугами. Как показал анализ, отечественные ученые, так же как и зарубежные [9], [10], используя циркулярность, возможно прийти к следующим понятиям: безотходность, малоотходность, ресурсосбережение, комплексность, устойчивость, эффективность, оптимизирование, создание ценности и т. д.

Один из главных преимуществ циркулярной экономики, заключается в том, что она не только сохраняет природу, но и в состоянии обеспечить экономический рост без роста потребления и отходов. Толчком к тому, что полная утилизация и переработка всех материалов превращаются в главную цель для всего мира, стало истощение природных ресурсов и изменение климата.

Для успешного развития экономики КБР важно сочетание производственных предприятий и селитьбы на территории экономического района (локальные комплексы). Экономически выгодно объединять всю совокупность производственных процессов из отходов хвостохранилища на территории их локального расположения. На основе сочетания данного вида сырья от первичных форм – добычи и облагораживания сырья – до получения всех видов готовой продукции, которые можно производить на месте, исходя из приближения производства к источникам сырья и энергии, рационального использования всех компонентов сырьевых и энергетических ресурсов. По мере развития производства из отходов ОАО «Тырныаузский горно-обогатительный комбинат» комплекс будет обрастать вспомогательными, дополняющими основные, работающие на их отходах производствах.

Решающее значение для определения безопасности продуктов, изготовленных из отходов хвостохранилища (например, строительных материалов) будет иметь воздействие токсичности металлов на здоровье человека и окружающую среду. Новый подход, основанный на стремлении к экономике замкнутого цикла и устойчивого развития, при соблюдении принципов максимальной ценности ресурсов и экологической безопасности, поможет повысить экономическую ценность хвостохранилища.

В экономике замкнутого цикла труд ценится больше, чем сырье. В результате чего возрастает занятость населения. Новые рабочие места появляются за счет трудоемкой утилизации и качественного ремонта, появления новых предприятий в секторе логистики и сфере услуг.

Значение для общества и окружающей среды

Реализуя принципы циркулярной экономики можно сократить выбросы парниковых газов в глобальном масштабе. Согласно расчетам Circle Economy, 62% глобальных выбросов парниковых газов (исключая выбросы от землепользования и лесного хозяйства) связаны с добычей, переработкой и производством товаров для удовлетворения потребностей общества; только 38% выбрасываются при поставке и использовании продуктов и услуг [11], [12].

Важным принципом циркулярной экономики является отделение экономического роста от потребления сырья. В результате экономике не мешает нехватка сырья для роста. Предполагается, что переход к экономике замкнутого цикла будет способствовать экономическому росту. Согласно отчету UNEP 2017, к 2050 году глобальная экономика выиграет от более эффективного использования ресурсов на 2 триллиона долларов в год [13], [14], [15], [16].

Заключение

При всей тяжести выбора между экологическими и экономическими интересами должен возобладать здравый смысл, а именно: экономично то, что не губит среду обитания человека и его здоровье. То есть производственно-хозяйственная деятельность должна осуществляться если не на приоритетных, то хотя бы на паритетных началах между экологией и экономикой. И это при том, что экономика является исходной базой для решения экологических проблем, созданных и создаваемых ею же.

Круговая бизнес-модель (циркулярная экономика) позволит:

1. Снизить экологические риски недропользования, способствуя уменьшению негативного воздействия на все компоненты окружающей среды.
2. Сохранит естественные (природные) запасы полезных ископаемых и использование вторичного минерального сырья.
3. Обеспечит экономическую эффективность циркулярного недропользования. Предприятиям будет выгодно развивать циркулярное недропользование, если получаемые результаты будут не только покрывать, но и превосходить все понесенные затраты.

Необходимо провести комплексную научно-техническую экспертизу всего объекта, также провести мониторинг его состояния и динамику развития, в том числе с натурными обследованиями грунтовой плотины, обводного туннеля и всего селевого бассейна р. Гижгит, в том числе с последующей разработкой защитных противоселевых мероприятий по предупреждению и предотвращению формирования здесь селевых потоков.

Именно такое сочетание экономического механизма и научно-практического природопользования будет целесообразным и уменьшит экологические риски.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Клепиков О.В., Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.118.3>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Klepikov O.V., Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.118.3>

Список литературы / References

1. Анахаев К.Н. Об основных природно-техногенных и экологических проблемах Кабардино-Балкарии / К.Н. Анахаев // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. — 2018. — № 6 (86). — С. 55–62.

2. Черняк М.М. Исследование химическими и биологическими методами эффектов долговременного воздействия промышленных отходов на горные экосистемы на примере хвостохранилища ТВМК / М.М. Черняк. — Нальчик, 2003. — С. 10–18.
3. Гурбанов А.Г. Проблемы утилизации промышленных отходов Тырныаузского вольфрам-молибденового комбината (Кабардино-Балкарская Республика) в свете новых данных / А.Г. Гурбанов, О.А. Богатиков, Б.С. Карамурзов [и др.] // Известия КБНЦ РАН. — 2015. — № 1 (63). — С. 82–90.
4. Гурьева М.А. Циркулярная экономика как инновационная модель развития социально-экономического пространства / М.А. Гурьева // Вопросы инновационной экономики. — 2019. — Т. 9. — № 4. — С. 1295–1316.
5. Дорохина Е.Ю. Экономика замкнутых циклов: проблемы и пути развития / Е.Ю. Дорохина, С.Г. Харченко // Экология и промышленность России. — 2017. — Т. 21. — № 3. — С. 50–55. — DOI: 10.18412/1816-0395-2017-3-50-55.
6. Карыбаева Ч.С. Экономический механизм регулирования природопользования и охраны окружающей среды в Кыргызской Республике: монография / Ч.С. Карыбаева. — Каракол: Иссык-Кульский государственный университет им. К. Тыныстанова, 2011. — 160 с.
7. Ellen MacArthur Foundation: Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition. — 2015. — https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation-9-Dec-2015.pdf (accessed: 23.07.2024).
8. Cai X. Can direct environmental regulation promote green technology innovation in heavily polluting industries? Evidence from Chinese listed companies / X. Cai, B. Zhu, H. Zhang [et al.] // Science of the Total Environment. — 2020. — Vol. 746. — P. 140810. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140810.
9. Chen L. Does green industrial policy promote the sustainable growth of polluting firms? Evidences from China / L. Chen, R. Zhou, Y. Chang [et al.] // Science of the Total Environment. — 2021. — Vol. 764. — P. 142927. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142927.
10. Chevallier J. Green finance and the restructuring of the oil-gas-coal business model under carbon asset stranding constraints / J. Chevallier, S. Goutte, Q. Ji [et al.] // Energy Policy. — 2021. — Vol. 149. — P. 112055. — DOI: 10.1016/j.enpol.2020.112055.
11. Пахомова Н.В. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития / Н.В. Пахомова, К.К. Рихтер, М.А. Ветрова [и др.] // Вестник СПбГУ. Экономика. — 2017. — Т. 33. — Вып. 2. — С. 244–268. — DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.203.
12. Удальцова Н.Л. Организационно-экономический механизм функционирования отрасли национальной экономики / Н.Л. Удальцова // Экономические науки. — 2012. — № 6 (91). — С. 94–98.
13. Уланов А.Ю. О совершенствовании системы обращения с отходами недропользования / А.Ю. Уланов, В.И. Бахмин, О.С. Коробова // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6. — С. 48–55. — DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-48-55.
14. Costa Fernandes S. Towards product-service system oriented to circular economy: A systematic review of value proposition design approaches / S. Costa Fernandes, D.C.A. da Pigosso, T.C. McAloone [et al.] // Journal of Cleaner Production. — 2020. — Vol. 257. — P. 120507. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120507.
15. D'Amato D. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues / D. D'Amato, N. Droste, B. Allen [et al.] // Journal of Cleaner Production. — 2017. — Vol. 168. — P. 716–734. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.09.053.
16. Fan Y. Circular economy development in China-current situation, evaluation and policy implications / Y. Fan, C. Fang // Environmental Impact Assessment Review. — 2020. — Vol. 84. — P. 106441. — DOI: 10.1016/j.eiar.2020.106441.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Anahaev K.N. Ob osnovnyh prirodno-technogennyh i jekologicheskikh problemah Kabardino-Balkarii [On the main natural-technogenic and ecological problems of Kabardino-Balkaria] / K.N. Anahaev // Izvestija Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN [Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Centre of RAS]. — 2018. — № 6 (86). — P. 55–62. [in Russian]
2. Chernjak M.M. Issledovanie himicheskimi i biologicheskimi metodami jeffektov dolgovremennogo vozdejstvija promyshlennyh othodov na gornye jekosistemy na primere hvostohranilishha TVMK [Study by chemical and biological methods of the effects of long-term impact of industrial waste on mining ecosystems on the example of the TVMK tailings dump] / M.M. Chernjak. — Nalchik, 2003. — P. 10–18. [in Russian]
3. Gurbanov A.G. Problemy utilizacii promyshlennyh othodov Tyrnyauzskogo vol'framo-molibdenovogo kombinata (Kabardino-Balkarskaja Respublika) v svete novyh dannyh [Problems of industrial waste utilisation of Tyrnyauz tungsten-molybdenum combine (Kabardino-Balkar Republic) in the light of new data] / A.G. Gurbanov, O.A. Bogatikov, B.S. Karamurзов [et al.] // Izvestija KBNC RAN [Proceedings of KBNTS RAS]. — 2015. — № 1 (63). — P. 82–90. [in Russian]
4. Gur'eva M.A. Cirkuljarnaja jekonomika kak innovacionnaja model' razvitija social'no-jekonomicheskogo prostranstva [Circular economy as an innovative model of socio-economic space development] / M.A. Gur'eva // Voprosy innovacionnoj jekonomiki [Issues of Innovative Economics]. — 2019. — Vol. 9. — № 4. — P. 1295–1316. [in Russian]
5. Dorohina E.Ju. Jekonomika zamknytyh ciklov: problemy i puti razvitija [Closed-cycle economy: problems and ways of development] / E.Ju. Dorohina, S.G. Harchenko // Jekologija i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry of Russia]. — 2017. — Vol. 21. — № 3. — P. 50–55. — DOI: 10.18412/1816-0395-2017-3-50-55. [in Russian]
6. Karybaeva Ch.S. Jekonomicheskij mehanizm regulirovanija prirodnopol'zovanija i ohrany okruzhajushhej sredy v Kyrgyzskoj Respublike: monografija [Economic mechanism of regulation of nature management and environmental protection in the Kyrgyz Republic: monograph] / Ch.S. Karybaeva. — Karakol: Issyk-Kul State University named after K. Tynystanov, 2011. — 160 p. [in Russian]

7. Ellen MacArthur Foundation: Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition. — 2015. — https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation-9-Dec-2015.pdf (accessed: 23.07.2024).
8. Cai X. Can direct environmental regulation promote green technology innovation in heavily polluting industries? Evidence from Chinese listed companies / X. Cai, B. Zhu, H. Zhang [et al.] // *Science of the Total Environment*. — 2020. — Vol. 746. — P. 140810. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140810.
9. Chen L. Does green industrial policy promote the sustainable growth of polluting firms? Evidences from China / L. Chen, R. Zhou, Y. Chang [et al.] // *Science of the Total Environment*. — 2021. — Vol. 764. — P. 142927. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142927.
10. Chevallier J. Green finance and the restructuring of the oil-gas-coal business model under carbon asset stranding constraints / J. Chevallier, S. Goutte, Q. Ji [et al.] // *Energy Policy*. — 2021. — Vol. 149. — P. 112055. — DOI: 10.1016/j.enpol.2020.112055.
11. Pahomova N.V. Perekhod k cirkuljarnoj jekonomike i zamknutym cepjam postavok kak faktor ustojchivogo razvitija [Transition to circular economy and closed supply chains as a factor of sustainable development] / N.V. Pahomova, K.K. Rihter, M.A. Vetrova [et al.] // *Vestnik SPbGU. Jekonomika* [Bulletin of SPbSU. Economics]. — 2017. — Vol. 33. — Iss. 2. — P. 244–268. — DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.203. [in Russian]
12. Udal'cova N.L. Organizacionno-jekonomicheskij mehanizm funkcionirovanija otrasli nacional'noj jekonomiki [Organizational and economic mechanism of functioning of the national economy branch] / N.L. Udal'cova // *Jekonomicheskie nauki* [Economic Sciences]. — 2012. — № 6 (91). — P. 94–98. [in Russian]
13. Ulanov A.Ju. O sovershenstvovanii sistemy obrashhenija s othodami nedropol'zovanija [On improvement of the system of subsoil use waste handling] / A.Ju. Ulanov, V.I. Bahmin, O.S. Korobova // *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'* [Mining Information and Analytical Bulletin]. — 2020. — № 6. — P. 48–55. — DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-48-55. [in Russian]
14. Costa Fernandes S. Towards product-service system oriented to circular economy: A systematic review of value proposition design approaches / S. Costa Fernandes, D.C.A. da Pigosso, T.C. McAloone [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. — 2020. — Vol. 257. — P. 120507. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120507.
15. D'Amato D. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues / D. D'Amato, N. Droste, B. Allen [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. — 2017. — Vol. 168. — P. 716–734. — DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.09.053.
16. Fan Y. Circular economy development in China-current situation, evaluation and policy implications / Y. Fan, C. Fang // *Environmental Impact Assessment Review*. — 2020. — Vol. 84. — P. 106441. — DOI: 10.1016/j.eiar.2020.106441.