

МАКРОРЕГИОН СИБИРЬ

УДК 338.33: 913

DOI: 10.17223/19988648/41/6

О.С. Краснов, В.А. Салихов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ НА РЕСУРСНЫЕ ЦИКЛЫ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Рассмотрены вопросы комплексной и рациональной переработки золо-шлаковых отходов энергетических предприятий. Составлена модель влияния комплексного использования попутных полезных компонентов углей на природную среду и инновационное развитие региона. Аргументирована экономическая целесообразность организации производств по переработке техногенных отходов на основе комбинирования, что позволяет выбрать оптимальный вариант.

Ключевые слова: золо-шлаковые отходы углей, инновационное развитие, экономический эффект, ресурсные циклы региона.

Минеральные ресурсы, являясь базисом развития экономики, во многом определяют экономический потенциал любой страны. Поэтому в современных экономических условиях важнейшей задачей государства является минерально-сырьевая безопасность, т.е. опережающее воспроизводство минерально-сырьевой базы, прежде всего стратегических видов полезных ископаемых. Для этого необходимо формирование и реализация долгосрочной государственной стратегии изучения недр, что позволяет достичь (по соответствующим критериям) уровня добычи полезных ископаемых с учетом их внутреннего потребления и экспорта, а также уменьшить зависимость от зарубежных поставок (импорта).

В последние 20 лет в РФ наблюдается дефицит многих цветных и редких металлов (титан, цирконий и др.), потребляемых в цветной металлургии и в ряде других отраслей промышленности (атомной, электронной, авиационной, космической и т.д.). Это объясняется истощением запасов разведанных месторождений металлических полезных ископаемых, ухудшением их качества, усложнением горно-геологических и экономико-географических условий разработки рудных месторождений. В сложившейся ситуации возрастает актуальность проблемы извлечения ценных цветных и редких металлов из комплексных руд и (или) техногенных месторождений.

В настоящее время разработаны технологии извлечения из минерально-сырья и отходов многих ценных металлов, прошедшие лабораторные и полупромышленные испытания. Ряд металлов извлекается в небольших количествах промышленным способом (германий, ванадий, титан, цирко-

ний). Например, извлекается из хибинских апатитовых месторождений нефелин, сфен для получения титановых продуктов, бадделеит для получения циркония [1. С. 46]. Имеется ряд опытно-промышленных технологий извлечения цветных и редких металлов из золо-шлаковых отходов углей [2. С. 212; 3. С. 153]. В целом промышленное извлечение попутных полезных компонентов проводится в малых объемах, что объясняется недостаточным финансированием НИОКР и высокой себестоимостью опытных технологий.

Дальнейшее развитие промышленности Кузбасса, особенно металлургии и машиностроительного комплекса, требует увеличения местной минерально-сырьевой базы черных и цветных металлов, а также целого ряда других ценных редких, редкоземельных и рассеянных металлов. Потенциальной минерально-сырьевой базой многих ценных металлов являются отходы горно-металлургического комплекса и в первую очередь золошлаковые отвалы.

В Кузбассе ежегодно накапливается до 15 млн т техногенных отходов, включая отходы металлургических и других предприятий. Около 3 млн т из них – это золо-шлаковые отходы энергетических предприятий. Учитывая, что концентрация многих редких металлов (титан, цирконий, иттрий, ванадий и др.) в них может достигать десятков и сотен грамм на тонну, эти отходы представляют собой значительный ресурс. При этом содержание титана и циркония в накопленных золо-шлаковых отходах углей может оцениваться десятками тысяч тонн и более, а содержание других металлов (например, ванадия и вольфрама) – тысячами тонн. Площадь всех золоотвалов составляет несколько тысяч гектаров. Ресурсы редких металлов в промышленных запасах кузнецких углей оцениваются следующим образом: иттрий – 11 507 т, итербий – 739 т, лантан – 14 891 т [4. С. 469]. С учетом высоких мировых цен на эти и другие редкие металлы (например, галлий – от 900 до 1 200 \$ за кг) их запасы в золо-шлаковых отходах представляют значительный интерес.

Кемеровская область является крупным производителем и одновременно потребителем минеральных ресурсов. В экономике доминирует горно-добывающая промышленность, в первую очередь угольная. Кузнецкий угольный бассейн по запасам высококачественных углей – крупнейший в России и мире. В Горной Шории эксплуатируются железорудные месторождения, на Салаирском кряже – полиметаллические, в Кузнецком Алатау – нефелиновое сырье. В горно-рудных районах области ведется добыча рудного и россыпного золота, флюсовых известняков, доломитов, кварцитов.

Таким образом, в недрах Кемеровской области имеются почти все полезные ископаемые, необходимые предприятиям, а именно: железные и марганцевые руды, титан, хром, свинец, цинк, медь, алюминиевое сырье, золото, нерудное сырье для черной и цветной металлургии. Тем не менее местная минерально-сырьевая база ценных редких и цветных металлов в настоящее время освоена лишь частично. В основном эксплуатируются месторождения золота, серебра, свинца, цинка и алюминия.

В настоящее время конкурентоспособность горно-металлургических компаний определяется наличием собственной минерально-сырьевой базы, сортаментом продукции, консолидацией производств [5. С. 25]. Поэтому актуальна разработка в том числе угольных отвалов и других техногенных месторождений для извлечения титана, свинца, цинка, марганца и пр. для потребностей местной промышленности и их экспорта [6. С. 11].

Одним из вариантов является создание малых наукоемких производств по переработке техногенных отходов и извлечению из них ценных металлов. Эти производства могут быть созданы в составе крупных горно-металлургических компаний на основе кооперации технолого-экономических связей между энергетическими и горными предприятиями. Таким образом, малые предприятия будут иметь финансовую поддержку для внедрения инновационных методов извлечения металлов, а также государственную поддержку (налоговые льготы, тарифы и пр.). Кроме того, диверсификация производства обеспечит дополнительную прибыль горно-металлургическим компаниям, т.е. повысит их финансовую устойчивость в условиях нестабильной работы в сложной экономической ситуации. Согласно применяемому в экономической теории правилу ромба [6. С. 9] конкурентоспособность подобных производств в Кемеровской области будет успешной и перспективной (рис. 1).

На территории Кемеровской области в основном расположены предприятия черной металлургии, а также алюминиевый завод в г. Новокузнецке и свинцово-цинковый завод в г. Белово. Кроме полиметаллов практический интерес представляют запасы в золоотвалах таких металлов, как алюминий, железо и марганец. Тем более что алюминий и железо уже добывались в мировой практике в промышленных масштабах из углей (например, в 40-е гг. XX в. в Германии [3. С. 151]).

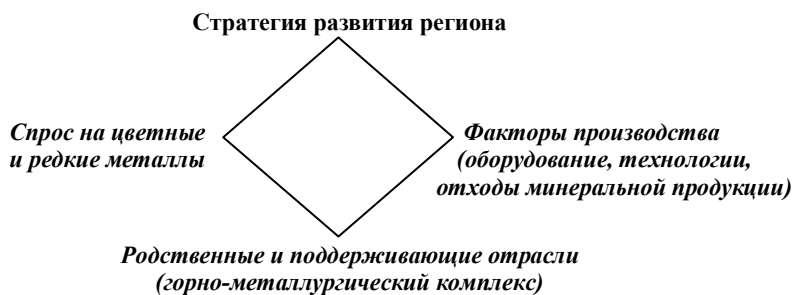


Рис. 1. Применение правила ромба для обоснования целесообразности разработки техногенных месторождений в Кузбассе

В перспективе освоение техногенных месторождений ряда цветных и редких металлов (галлий, германий, иттрий, ванадий, вольфрам и др.) в Кемеровской области и их использование местными металлургическими предприятиями позволит значительно удешевить выпускаемую ими продукцию (за счет более дешевого сырья). Кроме того, разработка техноген-

ных объектов позволит создать новые рабочие места в горно-добывающей отрасли, а также экспортировать ряд дефицитных металлов (таких, например, как титан и цирконий) за пределы Кузбасса.

При этом необходимо учитывать тенденции развития черной и цветной металлургии, т.е. создание компактных металлургических предприятий, выпускающих (на базе новых технологий) разнообразную металлическую продукцию. Перспективы малых инновационных предприятий в первую очередь связаны со значительно меньшим объемом капиталовложений при относительно невысоком и нестабильном спросе на редкие металлы. Следует учитывать также, что содержание многих металлов в золо-шлаковых отходах углей недостаточно высоко для их рентабельного извлечения. Применение инновационных технологий увеличит спектр трудноизвлекаемых цветных и редких металлов с низкими содержаниями в золоотвалах, но эти производства, безусловно, должны быть технологически и экологически безопасны.

Тогда экономическая целесообразность разработки техногенных месторождений на территории Кемеровской области повысится из-за социального и экологического эффектов. Их разработка существенно улучшит экологическую ситуацию в Кемеровской области, где около 100 тыс. га земли занято различными техногенными отходами. Это важный фактор в условиях подъема сельского хозяйства, увеличения урожайности зерновых и овощных культур. Кроме того, сократятся объемы геолого-разведочных работ и разработки месторождений рудных полезных ископаемых на особо охраняемых природных территориях (например, в Кузнецком Алатау и Горной Шории).

Согласно концепции ресурсных циклов И.В. Комара [7. С. 6] ресурсный цикл – это совокупность превращений и пространственных перемещений вещества природы в процессе его освоения, добычи, переработки, потребления и использования природного вещества. Выделяется 6 основных видов ресурсных циклов:

- цикл энергоресурсов и получения энергии;
- цикл металлических ресурсов и получения металлов;
- цикл неметаллических минеральных ресурсов и получения химических, строительных и технических материалов;
- цикл лесных ресурсов и получения продуктов лесного хозяйства и древесных материалов;
- цикл земельно-климатических ресурсов и получения сельскохозяйственных ресурсов и сырья;
- цикл ресурсов дикой фауны и флоры с получением продукции промыслов: охотничьих, рыбных, собирательства полезных растений и т.п.

Определяется также энергопроизводственный цикл – максимум экономического эффекта при минимуме общеэкономических (народнохозяйственных) затрат. В настоящее время объектом исследований является региональный ресурсный энергосубстанционный цикл в пределах компактных территорий, что используется при территориальном планировании.

Следует отметить, что опробование углей и их золошлаковых отходов является первым этапом комплексного и рационального использования углей. Таким образом, в данном случае комплексное использование попутных полезных компонентов углей повысит рациональность использования природных ресурсов и снизит негативное воздействие всех звеньев энергетического цикла на природную среду региона (рис. 2).



Рис. 2. Модель влияния комплексного использования попутных полезных компонентов (п.п.к.) углей на ресурсные циклы региона (на примере Кемеровской области)

Цветные и редкие металлы в ряде случаев могут извлекаться из углей. Эти металлы могут накапливаться при промышленном сжигании углей в фильтрах, устанавливаемых на трубах энергетических предприятий, и, наконец, в самих золоотвалах. В первом случае происходит снижение вредных выбросов в атмосферу, а во втором – на земельные, лесные и водные ресурсы. Кроме того, снизится негативное воздействие на природную среду региона циклов металлических и неметаллических ресурсов (за счет получения металлов и неметаллов из техногенных отходов и за счет сохранения природной среды на местах размещения традиционных месторождений полезных ископаемых).

В целом улучшится использование земельно-климатических и лесных ресурсов, а также ресурсов дикой флоры и фауны, особенно на территориях национальных парков и заповедников.

Получаемые металлы могут быть востребованы на машиностроительных и металлургических предприятиях области, а также других субъектах СФО (Новосибирской и Иркутской областей, Красноярского края). Ряд ценных металлов (таких как титан, цирконий, стронций, галлий, германий) может быть востребован и на внешних рынках. Прибыль от реализации металлов (P_m) можно, с учетом объемов продаж и условий продаж металлов (спот, фьючерс, СИФ, ФОТ и т.д.), определить по формуле (1). При этом прибыль – это целевая функция оптимизации извлечения металлов, а другие показатели – ее переменные параметры:

$$P_m = (V_1 \times C_1 + V_2 \times C_2 + V_n \times C_n) - Z, \quad (1)$$

где $V_1 \div V_n$ – годовые объемы реализации сортов металлов, т или кг; $C_1 \div C_n$ – сортовые цены за единицу продукции, руб.; Z – затраты на производство и реализацию металлов, руб.

Геолого-экономическая оценка ценных металлов в углях и (или) в золотвах энергетических предприятий может быть представлена в матричной форме (таблица).

Геолого-экономическая оценка цветных и редких металлов

Категории запасов металлов	Запасы / ресурсы металлов	Наличие технологий извлечения	Область применения	Объемы потребления
Экономические	Балансовые	Промышленные	Широкая	Большие
Потенциально экономические	Забалансовые	Опытно-промышленные	Узкая	Малые
Возможно экономические	Ресурсы	Лабораторные	В настоящее время нет	Нет

Подобный подход основан на принципах рамочной классификации ООН «запасы / ресурсы». Последовательно оцениваются содержания исследуемых металлов в угле / золе, благодаря чему можно оценить их запасы (балансовые, забалансовые) и ресурсы, наличие технологий (промышленных, опытно-промышленных и лабораторных) извлечения металлов из углей или из золо-шлаковых отходов углей, а также область применения и возможные объемы потребления ценных цветных и редких металлов [8. С. 126]. Ответы на эти вопросы позволяют определить варианты использования металлов, основанные на международной классификации экономической оценки минерального сырья. Таким образом, согласно рамочной классификации ООН «запасы/ресурсы» металлы оцениваются по трем категориям запасов: экономической, потенциально экономической, и возможно (или условно) экономической.

Это позволяет (с учетом рентабельности технологий) оптимизировать варианты извлечения металлов из углей и их золо-шлаковые отходы. Например, забалансовые запасы редких металлов, содержащихся в отходах углей и имеющих узкую область применения, могут оцениваться по категории экономических запасов – при внедрении рентабельных промышлен-

ных технологий извлечения и при больших объемах потребления этих металлов (рис. 3).

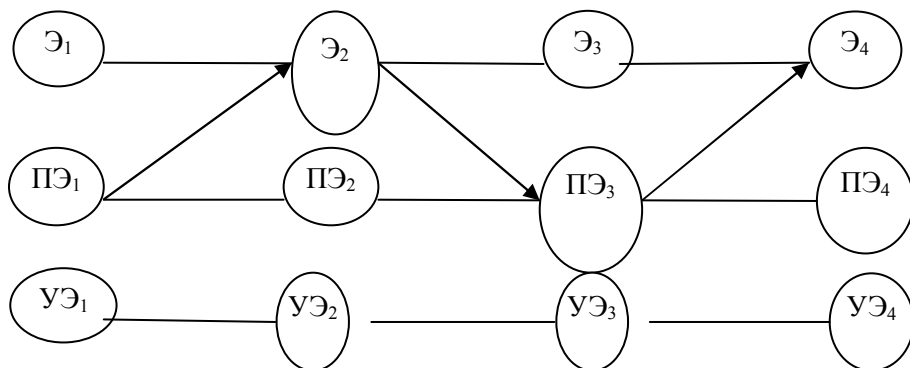


Рис. 3. Оценка использования попутных полезных компонентов углей (цветных и редких металлов) с помощью квазиупорядоченного графа, подразделяющего запасы металлов на экономические (Э), потенциально экономические (ПЭ) и условно экономические (УЭ) по 4 параметрам: наличию запасов и ресурсов металлов в углях и (или) в их золо-шлаковых отходах (1), наличию технологий извлечения металлов (2), областям применения металлов (3), объемам потребления металлов (4)

Дальнейшая экономическая оценка проектов предполагает следующее. Путем комбинирования на основе экономического и социально-экологического эффектов должны выбираться объекты и методы их разработки, определяться продукция (концентраты металлов или металлы), которая будет производиться малыми наукоемкими предприятиями (рис. 4).

При этом основным критерием выбора будет прибыль от продажи этих продуктов с учетом социально-экологического эффекта, выраженного в денежном эквиваленте. Это может быть повышение урожайности, качества и, следовательно, цены сельскохозяйственной продукции. Это и создание новых рабочих мест на организуемых наукоемких производствах. Также это может быть снижение затрат на лечение и снижение потерь по причине временной нетрудоспособности из-за неудовлетворительной экологической ситуации. Кроме того, косвенным эффектом может быть сокращение эксплуатационных и капитальных затрат на проведение геолого-разведочных работ и добычу цветных и редких металлов на рудных месторождениях региона.

Таким образом, путем комбинирования с привлечением экономических, социально-экологических и косвенных показателей должно проводиться обоснование эффективности работы малых наукоемких производств по извлечению металлов из золоотвалов энергетических предприятий Кемеровской области. С помощью количественных критериев геолого-экономической оценки путем оптимизации возможен выбор перспективных направлений использования ряда ценных цветных и редких металлов, со-

держатся в золоотвалах энергетических предприятий региона, для обеспечения части потребностей металлургической и машиностроительной промышленности Кемеровской области, а также других регионов Сибири.

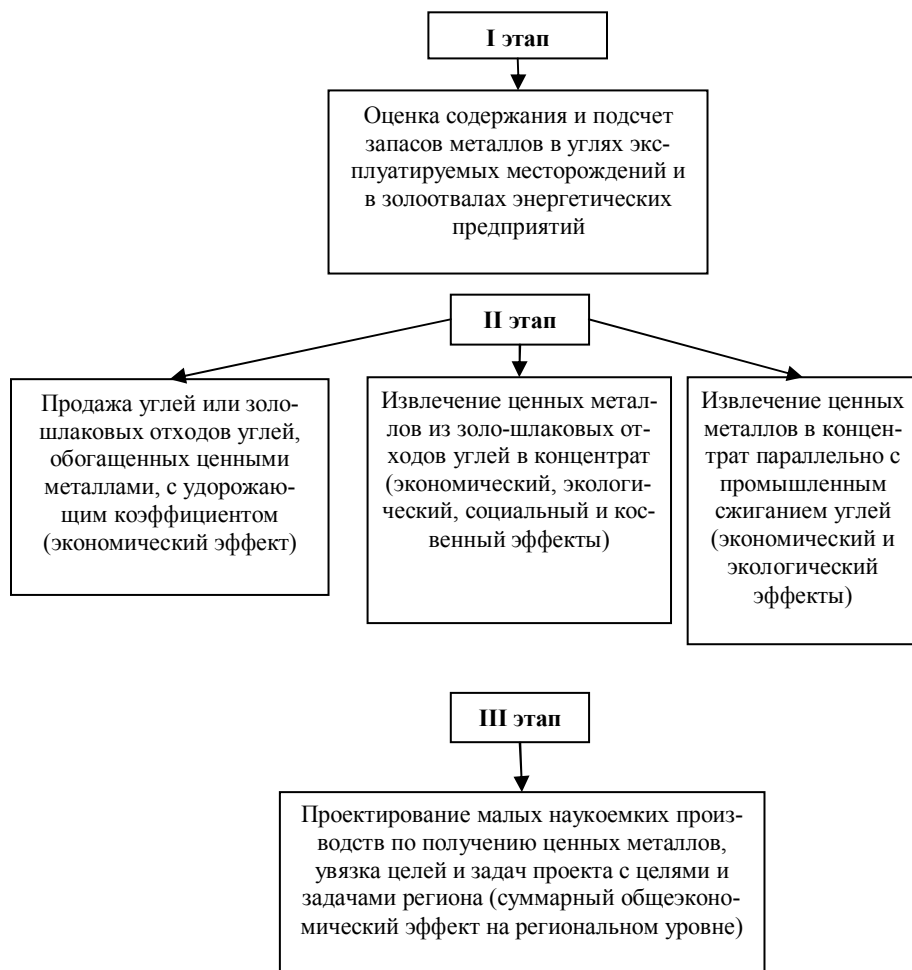


Рис. 4. Экономическая оценка ценных металлов в углях разрабатываемых месторождений (на примере Кузбасса) и в золо-шлаковых отходах углей на предынвестиционном этапе (I), этапе технико-экономического обоснования (II), этапе технико-экономического проектирования (III): критерии выбора направлений использования металлов – приемлемая прибыль от реализации продукции (П), выручка от реализации продукции (В) и затраты по производству продукции (З) на конкретном этапе проекта – $\Pi = В - З$ с учетом социально-экологического эффекта – $\Pi + \mathcal{E}_{\text{соц.-экол}}$

Предлагаемые методологические подходы могут быть использованы и для других техногенных объектов с учетом их специфических особенностей.

Литература

1. *Быховский Л.З., Тигунов Л.П.* Стратегическое минеральное сырье: пути решения проблемы дефицита // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2015. № 5. С. 43–49.
2. *Арбузов С.И. и др.* Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна. Кемерово, 1999. 248 с.
3. *Салихов В.А.* Экономическая оценка и комплексное использование попутных полезных компонентов углей и золо-шлаковых отходов углей (на примере Кемеровской области). Новосибирск : Наука, 2013. 224 с.
4. *Скурский М.Д.* Недра Земли. Кемерово : Кузбассвуиздат, 2006. 880 с.
5. *Парфенов Д.* Развитие POST IPO: куда пойдут металлургические группы // Национальная металлургия. 2007. № 1. С. 25–30.
6. *Краснов О.С., Салихов В.А.* Перспективы производства дефицитных цветных и редких металлов из угольных отходов в Кузбассе // Цветные металлы. 2007. № 8. С. 8–11.
7. *Комар И.В.* Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы : учеб. М., 1975. 212 с.
8. *Салихов В.А.* Геолого-экономическая и экономическая (стоимостная) оценка цветных и редких металлов, содержащихся в углях и золо-шлаковых отходах углей // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2014. № 1 (25). С. 123–128.

Krasnov O.S., All-Russian Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI) (Sankt-Petersburg, Russian Federation). E-mail: okrasnov@vnigri.ru

Salikhov V.A., Novokuznetsk Institute branch of Kemerovo state University (NBI KemSU) (Novokuznetsk, Russian Federation). E-mail: Salihov-VA@yandex.ru.

ASSESSING THE IMPACT OF THE INTEGRATED USE OF TECHNOGENIC WASTE TO RESOURCE CYCLES IN THE REGION (IN THE KEMEROVO REGION)

Keywords: ash and slag coal waste, innovative development, economic impact, resource cycles in the region.

The issues of ash and slag waste complex and rational processing by energy companies are discussed. The model of the comprehensive use of coal associated components' impact on the environment and on the innovative development of the region is created. The economic feasibility of organizing technogenic waste processing on the basis of combination that allows us to choose the best option is substantiated.

References

1. Bykhovsky L. Z. Strategicheskoye mineralnoye syryo: puti resheniya defitsita / L.Z. Bykhovsky, L.P. Tiginov // Mineralnyie resursy Rossii. Economica i upravleniye. – 2015. – № 5. – S. 43 – 49.
2. Redkiye elementy v uglyakh Kuznetskogo basseyna [Tekst]: monografiya / S.I. Arbutov [i dr.]. – Kemerovo, 1999. – 248 s.
3. Salikhov V. A. Ekonomicheskaya otsenka i kompleksnoye ispolzovaniye poputnykh poleznykh komponentov ugley i zolo-shlakovykhk otkhodov ugley (na primere Kemerovskoy

oblasti) [Tekst] / V. A. Salikhov; NFI KemGU. Novosibirsk, Izdatelskiy Dom «Nauka» RAN, 2013. 224 s.

4. Skursky M. D. Nedra Zemli [Tekst]: monografiya / M. D. Skursky. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2006. 880 s.

5. Parfenov D. Razvitiye POST IPO: kuda poydut metallurgicheskiye gruppy [Tekst] / D. Parfenov // Natsionalnaya metallurgiya. 2007. № 1. S. 25 – 30.

6. Krasnov O. S. Perspektivy proizvodstva defitsitnykh tsvetnykh i redkiykh metallov iz ugolnykh otkhodov v Kuzbasse [Tekst] / O. S. Krasnov, V. A. Salikhov // Tsvetnye metally. 2007. № 8. s. 8–11.

7. Komar I. V. Ratsionalnoye ispolzovaniye prirodnokh resursov i resursnyye tsikly [Tekst]: uchebnik / I. V. Komar. M., 1975. 212 s.

8. Salikhov V. A. Geologo-economiceskaya i economiceskaya (stoimostnaya) otsenka tsvetnykh i redkiykh metallov, sodержatsshikhsya v uglyakh i zolo-shlakovykh otkhodakh ugley [Tekst] / V. A. Salikhov // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika. Tomsk, 2014. № 1 (25). S. 123 – 128.

For referencing:

Krasnov O.S., Salikhov V.A. Ocenka vliyaniya kompleksnogo ispol'zovaniya tekhnogennykh otkhodov na resursnyye cikly regiona (na primere Kemerovskoy oblasti) [Assessing the impact of the integrated use of technogenic waste to resource cycles in the region (in the Kemerovo region)]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika – Tomsk State University Journal of Economics, 2018, no 41, pp. 85–94.