



Добыча и использование горючих ископаемых как краеугольный камень концепции геоэкологии в России

М.С. Гончаров, И.М. Рожков, И.А. Ларионова

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
119049, Москва, Ленинский просп., д. 4*

Аннотация. Энергетический сектор является базисом роста экономики, повышения качества жизни населения, обеспечения энергетической безопасности страны. Однако деятельность некоторых предприятий топливно-энергетического комплекса приводит к отрицательному воздействию на окружающую среду, поэтому проблемы геоэкологии в сфере топливно-энергетического комплекса требуют пристального внимания. В представленной статье на примере угольной промышленности оценивается уровень влияния промышленных предприятий на состояние экологической среды. На основе анализа официальных статистических источников выделяются ключевые тенденции развития в этой области. Стратегическим решением экологической проблемы в угольной промышленности, по мнению авторов, является создание энерготехнологических и углехимических кластеров. Для каждого кластера должны быть разработаны информационные системы управления геоэкологией. Простейшая структура этих систем приведена в настоящей работе. Следующим этапом исследования должны являться постановка и решение задачи оптимизации функционирования каждого кластера и расчет рейтинговых оценок.

Ключевые слова: угольная промышленность, экологическая безопасность, отходы угледобычи, воздействие на окружающую среду

Для цитирования: Гончаров М.С., Рожков И.М., Ларионова И.А. Добыча и использование горючих ископаемых как краеугольный камень концепции геоэкологии в России // Экономика в промышленности. 2020. Т. 13. № 4. С. 550–560. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-4-550-560

Extraction and exploitation of fossil fuels as the foundation stone of concept of geoecology in Russia

M.S. Goncharov, I.M. Rozhkov, I.A. Larionova

*National University of Science and Technology "MISIS",
4 Leninskiy Prospect, Moscow 119049, Russia*

Abstract. Energy sector is considered to be the basis for economy's growth, improvement of the population's life quality, maintenance of energy security of the country. However, the activities of some enterprises of the fuel and energy complex have a negative impact on the environment. The problems of geoecology in the field of fuel and energy require close attention. In this article, by the example of coal industry, gives an evaluation of effects industrial enterprises on the environment. Based on the analysis of official statistical sources, the key trends in this area are highlighted. The strategic solution to the environmental problem in the coal industry, according to the authors, is the creation of energy technology and coal-chemical clusters. Geoecology management information systems should be developed for each cluster. The simplest structure of these systems is given in this paper. The next stage of the study should be to set and solve the problem of optimizing the functioning of each cluster and calculate rating estimations.

Keywords: coal mining, environmental security, coal mining waste, impact on the environment

For citation: Goncharov M.S., Rozhkov I.M., Larionova I.A. Extraction and exploitation of fossil fuels as the foundation stone of concept of geoeology in Russia. *Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics*. 2020. Vol. 13. No. 4. Pp. 550–560. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1634-2020-4-550-560

化石燃料的开采和使用是俄罗斯地球生态学概念的基石

冈察洛夫 M.C., 罗日科夫 I.M., 拉里奥诺娃 I.A.

俄罗斯国立研究型技术大学 “MISiS”, 119049, 莫斯科, 列宁斯基大街4号

简评. 能源部门是经济增长、改善人民生活质量、确保国家能源安全的基础。然而, 燃料和能源综合体 (FEC) 某些企业的活动对环境造成负面影响。燃料和能源领域的地球生态问题需要密切关注。在本文中, 作者以煤炭行业为例, 评估了其活动对生态环境状况的影响程度, 在对官方统计资料进行分析的基础上, 重点阐述了该领域的主要发展趋势。作者得出的结论是, 在全国范围内, 制造业企业的经济活动量增加导致对环境人为影响的加剧。与每年造成的损害相比, 治理措施是无效且不足的。

关键词: 煤炭工业, 环境安全, 煤矿废弃物, 环境影响

Введение

Взаимодействие человека с природой, выражающееся в производстве товаров и услуг, их распределении и потреблении, приводит к тому, что естественные условия существования человеческого общества изменяются. Изменения природной среды при антропогенных возмущениях зачастую носят негативный характер, связанный с загрязнением окружающей среды, изменением климата и другими видами экологического воздействия. Развитие производственных сил увеличивает значимость защиты окружающей среды для сохранения биологического разнообразия и качества жизни.

Геоэкология, являясь междисциплинарной наукой, изучает воздействие человека на окружающую среду на глобальном уровне атмосферы, литосферы, гидросферы, биосферы, а также на региональном уровне. Одним из аспектов этой науки является геоэкология промышленности. Локализация промышленных предприятий неоднородна в региональном разрезе и связана с такими экологическими факторами, как близость к потребителю, доступность сырья и материалов, экологическая обстановка в регионе. В зависимости от специфики деятельности промышленного предприятия возникают те или иные экологические риски.

Все отрасли народного хозяйства в той или иной степени загрязняют окружающую среду. Наряду со строительством и деятельностью по утилизации отходов, горная промышленность (в частности, добыча горючих полезных ископаемых) вызывает наиболее серьезные последствия для окружающей среды.

При этом одним из краеугольных камней современной экономики является добыча и использование горючих ископаемых (нефть, газ, уголь), которые необходимы для нужд тепло- и электроэнергетики, транспорта, удовлетворения жилищно-коммунальных потребностей. Мировое общество всерьез обеспокоилось экологическими последствиями деятельности отраслей промышленности лишь в конце 60-х годов, когда антропогенное воздействие значительно усилилось из-за роста промышленного производства. Результатом стало принятие в странах Западной Европы законодательных актов о защите окружающей среды [1].

Анализ показателей геоэкологической оценки в России

По данным Федеральной службы государственной статистики объем затрат на охрану окружающей среды в 2018 году составил 721,3 млрд руб. или 0,7 % от ВВП страны

Таблица 1

Общие показатели по России
[General indicators for Russia]

Наименование показателя	Единица измерения	Отчетный год / значение показателя							График динамики
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	
Затраты на охрану окружающей среды в фактически действовавших ценах	10 ⁹ руб.	479,2	559,7	582,1	590,9	658,0	721,3	н/д	
Потребление энергетических ресурсов по данным <i>British Petroleum</i>	Mtoe	685,5	688,3	675,4	690,5	694,3	720,7	715,3	
в том числе: нефть	Mtoe	149,5	157,4	149,4	153,1	151,5	152,3	154,0	
природный газ	Mtoe	365,3	363,0	351,4	361,7	370,7	390,8	382,0	
уголь	Mtoe	90,5	87,6	92,1	89,3	83,9	88,0	88,0	
атомная энергия	Mtoe	39,0	40,9	44,2	44,5	46,0	46,3	47,1	
гидроэнергия	Mtoe	41,0	39,2	38,0	41,8	41,9	43,0	43,7	
возобновляемая энергия (ВИЭ)	Mtoe	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	
Добыча угля по данным ЦДУ ТЭК	10 ⁶ т	352,1	359,0	374,0	386,9	411,2	441,9	441,4	

Примечание: Mtoe – 10⁶ т условного топлива в нефтяном эквиваленте

Таблица 2

Охрана атмосферного воздуха и предотвращение изменений климата
[Air protection and climate change prevention]

Наименование показателя	Единица измерения	Отчетный год / значение показателя							График динамики
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	
Выбросы парниковых газов, всего	10 ⁶ т CO ₂ -эквивалента	2 090,7	2 089,5	2 093,7	2 097,5	2 155,5	2 220,1	н/д	
в том числе: энергетика	10 ⁶ т CO ₂ -эквивалента	1 666,5	1 659,2	1 661,5	1 661,5	1 699,9	1 752,6	н/д	
из них: от сжигания ископаемых топлив	10 ⁶ т CO ₂ -эквивалента	1 407,3	1 411,6	1 420,7	1 414,8	1 438,8	1 473,4	н/д	
от добычи твердых топлив	10 ⁶ т CO ₂ -эквивалента	58,6	60,2	61,3	60,5	64,7	68,5	н/д	
от деятельности, связанной с нефтью и газом	10 ⁶ т CO ₂ -эквивалента	200,6	187,4	179,4	186,2	196,4	210,7	н/д	
Абсорбция (поглощение) парниковых газов из атмосферы	10 ⁶ т CO ₂ -эквивалента	-656,4	-623,4	-601,0	-616,6	-577,7	-590,6	н/д	

(табл. 1). По сравнению с 2013 годом затраты увеличились на 50,5 % (или 242,1 млрд руб.) [2].

В соответствии с данными, представленными в табл. 1, наиболее высокий среднегодовой темп роста отмечается по направлению «обращение с отходами» (+14,71 %), отрицательная среднегодовая динамика наблюдается по направлению «защита и реабилитация земель, поверхностных и подземных вод» (–1,84 %).

Структурно затраты распределены по следующим направлениям природоохранной деятельности: 34,2 % – сбор и очистка сточных вод, 18,2 % – охрана атмосферного воздуха и предотвращение изменений климата, 12,7 % – обращение с отходами, 6,4 % – сохранение биологического разнообразия и охрана природных территорий, 4,3 % – защита и реабилитация земель, поверхностных и подземных вод, 24,2 % – прочие направления.

По информации *BP Statistical Review* в структуре потребления первичных источников энергии в России по состоянию на 2019 год преобладает природный газ (53,41 %), далее следуют нефть (21,53 %), уголь (12,31 %), атомная энергия (6,58 %), гидроэнергия (6,11 %) и ВИЭ (<0,1 %).

Выброс парниковых газов является причиной изменений климата. Доминирующую роль в совокупном выбросе парниковых газов играют предприятия ТЭК [3].

По данным Российского национального кадастра антропогенных выбросов из источников и адсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом (табл. 2), в 2018 году совокупные выбросы парниковых газов составили 2 220,1 млн т CO_2 -эквивалента, из которых 78,94 % приходится на энергетику.

Существующая структура потребления первичных энергоресурсов обуславливает преобладание диоксида углерода (CO_2) в общем объеме выбросов парниковых газов. Доля диоксида углерода составляет 64,9 %, на метан (CH_4) приходится 26,1 % выбросов, 6,5 % – оксид азота (N_2O), 2,5 % – прочие соединения.

Определенная часть выбросов CO_2 поглощается объектами землепользования и лесного хозяйства в результате абсорбции. В 2018 г. из общего объема выбросов было поглощено 590,6 млн т CO_2 -эквивалента (или 26,6 %). Отмечается отрицательный среднегодовой темп изменения этого показателя, который с 2013 года составил –2,0 %.

Преломить эту тенденцию возможно путем увеличения количества зеленых растений,

которые выводят часть CO_2 из углеродного цикла. Молодые древесные насаждения наиболее эффективны в вопросе поглощения углерода [4].

В сфере энергетики около 84,1 % общей величины выбросов происходит в результате сжигания ископаемых топлив, а 15,9 % связано с потерями и технологическими выбросами в атмосферу. При этом более 75,5 % потерь и технологических выбросов связано с деятельностью в области нефти и газа, остальная часть – с добычей твердых топлив.

Выбросы, образующиеся при сжигании топлив, наносят определенный вред экологии. В частности, существенный ущерб влечет за собой угольная генерация и производство кокса. В угле помимо органического вещества, состоящего в основном из C, O, H, S, N, содержится неорганическое вещество. С 2013 г. при добыче угля в РФ на поверхность ежегодно извлекается около 52,8–66,3 млн т неорганического вещества (при средней зольности в 15 %). С точки зрения геохимии в неорганическом веществе содержатся две группы химических элементов [5, С. 96]:

1) золообразующие элементы (около 99 % неорганики) – Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K;

2) элементы-примеси (около 1 % массы неорганики), которые содержат не только ценные редкие металлы (Ge, Ga, U, Mo, Be, Sc, TR), но и вредные элементы (Cl, F, Hg, As, Se, Cr и другие).

Добыча твердых топлив, в ходе которой образуется порядка 24,5 % потерь и технологических выбросов парниковых газов, характеризуется еще одним негативным экологическим аспектом – образованием твердых загрязняющих веществ.

По данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования в 2019 г. образовано 7 750,88 млн т отходов производства и потребления, из которых 7 257,02 млн т (или 93,63 %) в результате деятельности по добыче полезных ископаемых. Существенную долю в этой величине занимают отходы угольной промышленности (табл. 3).

Следует отметить, что более 5 199,63 млн т отходов образовано в результате добычи угля. Значительная часть таких отходов представляет вскрышные, вмещающие породы и побочные продукты обогащения [6].

Образование отходов напрямую зависит от объемов добычи угля, при этом в 2016–2019 гг. такая зависимость носит экспоненциальный характер: если в 2016 г. темп прироста образо-

Таблица 3

Обращение с отходами в угольной промышленности [Waste management in the coal industry]									
Наименование показателя	Единица измерения	Отчетный год / значение показателя							График динамики
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	
Образование отходов	10 ⁶ т	3 059,0	3 129,0	3 205,0	3 377,9	3 874,5	4 816,5	5 199,6	
Утилизация и обезвреживание отходов	10 ⁶ т	н/д	н/д	н/д	2 307,6	2 157,9	2 547,3	2 757,5	
Удельный объем образования отходов	т/т	8,7	8,7	8,6	8,7	9,4	10,9	11,8	
Доля утилизированных и обезвреженных отходов в объеме образованных	%	н/д	н/д	н/д	68,3	55,7	52,9	53,0	

вания отходов превышал темп прироста угледобычи в 1,57 раза, то уже в 2018 г. это отношение составило 3,26 раза, а в 2019 г. при снижении угледобычи наблюдается положительный абсолютный прирост объема образованных отходов.

Из общего объема образовавшихся в 2019 г. отходов добычи угля порядка 2 757,52 млн т (или 53,03 %) утилизировано и обезврежено. За период с 2016 по 2018 гг. образование отходов по темпам роста превышало утилизацию и обезвреживание. По этой причине за указанный отрезок времени доля утилизированных и обезвреженных отходов в объеме образованных снизилась на 15,43 %.

Среди добывающих отраслей угольная промышленность лидирует не только по величине образования отходов (более 71,6 %), но и по сбросу загрязненных сточных вод в поверхностные объекты. По данным Минэнерго России в 2017 г. предприятиями отрасли в поверхностные водные объекты сброшено 345,1 млн м³ загрязненных сточных вод, что составляет 41,49 % от сброса загрязненных сточных вод всеми предприятиями в области добычи полезных ископаемых [7].

В 2018 г. объем сброса загрязненных сточных вод снизился по сравнению с предшествующим периодом на 9,07 % (или на 31,3 млн м³). Уровень сброса загрязненных сточных вод от общего объема образованных составил 69,2 %, что на 6 % ниже значения 2017 г. Наблюдается позитивная динамика снижения сброса загрязненных сточных вод на тонну добычи: за период с 2013 по 2018 гг. этот показатель снизился на 32,8 % (табл. 4).

Деятельность предприятий угольной промышленности сопровождается нарушением земель. С целью восстановления утраченного качественного состояния земель, достаточного

для их использования в соответствии с их целевым назначением и разрешенным использованием, проводится их рекультивация.

В 2018 г. предприятиями отрасли было нарушено около 10 657,0 га земель, из которых восстановлено только 589,5 га (5,5 %). Удельная землеёмкость горных работ достигла 24,1 га на миллион тонн добычи. По сравнению с 2016 г. этот показатель увеличился на 80,8 % (табл. 5).

В результате анализа техногенного воздействия предприятий угольной промышленности на окружающую среду было выявлено, что степень такого влияния находится в прямой зависимости от объемов хозяйственной деятельности. В последние несколько лет неуклонно растут объемы производства угля, в результате чего возрастает негативное воздействие предприятий на окружающую среду.

Анализ показателей геоэкологической оценки за рубежом

Проведен сравнительный анализ уровня техногенного воздействия предприятий ТЭК на окружающую среду в России и в ряде зарубежных стран.

Критерием выбора страны для сравнительной оценки величины выбросов парниковых газов послужил сопоставимый объем потребления энергетических ресурсов. Россия занимает четвертое место в мире не только по объему потребления энергетических ресурсов, но и по величине выбросов CO₂ от сжигания топлива, уступая КНР, США и Индии [8, 9].

Объем выбросов CO₂ в России на 28,9 % (или 624,7 млн т) ниже, чем в Индии. А совокупная величина потребляемых энергетических ресурсов по сравнению с Индией ниже всего лишь на 7,4 %. Следовательно, структура потребления

Таблица 4

Сбор и очистка сточных вод в угольной промышленности [Collection and treatment of waste water in the coal industry]									Таблица 4
Наименование показателя	Единица измерения	Отчетный год / значение показателя							График динамики
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	
Общий объем сброса сточных вод в водные объекты	10 ⁶ м ³	455,0	420,0	425,0	438,0	458,9	453,4	н/д	
Объем сброса загрязненных сточных вод, всего	10 ⁶ м ³	372,0	319,0	309,0	333,0	345,1	313,8	н/д	
в том числе: недостаточно очищенных	10 ⁶ м ³	261,0	206,0	172,0	209,0	236,1	н/д	н/д	
загрязненных без очистки	10 ⁶ м ³	111,0	113,0	137,0	124,0	109,0	н/д	н/д	
Объем сброса нормативно чистых и нормативно очищенных сточных вод, всего	10 ⁶ м ³	83,0	101,0	116,0	105,0	113,8	139,7	н/д	
в том числе: нормативно очищенных	10 ⁶ м ³	36,0	77,0	88,0	77,0	87,8	н/д	н/д	
нормативно чистых без очистки	10 ⁶ м ³	47,0	24,0	28,0	28,0	26,0	н/д	н/д	
Удельный сброс загрязненных сточных вод в водные объекты	м ³ /т	1,1	0,9	0,8	0,9	0,8	0,7	н/д	
Уровень сброса загрязненных сточных вод от общего объема сброса	%	81,8	76,0	72,7	76,0	75,2	69,2	н/д	

Таблица 5

Защита и реабилитация земель в угольной промышленности [Protection and rehabilitation of lands in the coal industry]									Таблица 5
Наименование показателя	Единица измерения	Отчетный год / значение показателя							График динамики
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	
Нарушено земель за год	га	3 707,0	4 056,0	6 310,0	5 161,0	6 771,0	10 657,0	н/д	
Рекультивировано земель за год	га	1 147,0	1 860,0	979,0	964,0	1 285,0	589,5	н/д	
Удельная землеёмкость горных работ	га/10 ⁶ т	10,5	11,3	16,9	13,3	16,5	24,1	н/д	
Уровень рекультивации земель от годового нарушения	%	30,9	45,9	15,5	18,7	19,0	5,5	н/д	

энергетических ресурсов в России более рациональна в контексте выбросов CO₂. Об этом свидетельствует и величина образования CO₂ на тонну нефтяного эквивалента (*toe*) используемых энергетических ресурсов (табл. 6).

В рассматриваемой выборке структуру потребления энергетических ресурсов Канады можно считать наиболее благоприятной по удельным выбросам CO₂. Второе место занимает США, третье делится между Россией и ФРГ.

Общие выбросы CO₂ в России при потреблении 1 *toe* энергоресурсов на 9,2 % (или

223,5 кг) ниже среднего по миру. Несмотря на это, при сжигании 1 *toe* угля в стране выделяется существенное количество углекислого газа – 4,6 т/*toe*. Это на 18,5 % выше среднемирового уровня, составляющего 3,9 т/*toe*.

Снизить общие выбросы CO₂ можно путем развития энергосберегающих технологий, повышения энергетической эффективности в экономике и социальной сфере, перехода на альтернативные источники энергии. В России существует высокий потенциал энергосбережения, позволяющий выполнять проекты по сни-

Таблица 6

Потребление энергетических ресурсов в целом по миру и по отдельным странам-лидерам, образование CO₂ в этих странах
[Consumption of energy resources in the whole world and in individual leading countries, formation of CO₂ in these countries]

Наименование показателя	Единица измерения	Объект наблюдения / значение показателя							
		В целом по миру	в том числе по странам:						
			КНР	США	Индия	Россия	Япония	Канада	ФРГ
Структура потребления энергетических ресурсов по данным <i>British Petroleum</i>	Mtoe	13 474,6	3 139,0	2 222,5	750,1	694,3	455,2	343,7	333,9
	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
в том числе:	Mtoe	4 607,0	610,7	902,0	227,1	151,5	187,8	108,8	119,0
нефть	%	34,2	19,5	40,6	30,3	21,8	41,3	31,7	35,6
природный газ	Mtoe	3 141,9	206,7	635,8	46,2	370,7	100,6	94,3	77,2
	%	23,3	6,6	28,6	6,2	53,4	22,1	27,4	23,1
уголь	Mtoe	3 718,4	1 890,4	331,3	415,9	83,9	119,9	18,6	71,5
	%	27,6	60,2	14,9	55,5	12,1	26,3	5,4	21,4
прочее	Mtoe	2 007,3	431,2	353,4	60,8	88,2	46,9	122,0	66,2
	%	14,9	13,7	15,9	8,1	12,7	10,3	35,5	19,8
Структура выбросов CO ₂ по источникам энергии	10 ⁶ т	32 839,9	9 302,0	4 761,3	2 161,6	1 536,9	1 132,4	547,8	718,8
	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
в том числе:	10 ⁶ т	11 377,1	1 351,1	1 981,3	579,1	322,4	412,1	265,6	244,2
нефть	%	34,6	14,5	41,6	26,8	21,0	36,4	48,5	34,0
природный газ	10 ⁶ т	6 743,0	448,2	1 436,7	74,1	795,7	238,0	211,9	170,2
	%	20,5	4,8	30,2	3,4	51,8	21,0	38,7	23,7
уголь	10 ⁶ т	14 502,0	7 469,9	1 324,2	1 507,0	387,9	447,2	69,2	284,3
	%	44,2	80,3	27,8	69,7	25,2	39,5	12,6	39,6
прочее	10 ⁶ т	217,8	32,8	19,0	1,4	30,8	35,1	1,1	20,1
	%	0,7	0,4	0,4	0,1	2,0	3,1	0,2	2,8
Образование CO ₂ на 1 тонну нефтяного эквивалента используемых энергетических ресурсов	т	2,4	3,0	2,1	2,9	2,2	2,5	1,6	2,2
в том числе:	т	2,5	2,2	2,2	2,5	2,1	2,2	2,4	2,1
нефть	т	2,1	2,2	2,3	1,6	2,1	2,4	2,2	2,2
природный газ	т	3,9	4,0	4,0	3,6	4,6	3,7	3,7	4,0
уголь	т	3,9	4,0	4,0	3,6	4,6	3,7	3,7	4,0
прочее	т	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,3	<0,1	0,1

жению выбросов дешевле, чем в большинстве развитых стран [10, С. 382].

В качестве страны для сравнительного анализа экологических последствий деятельности угольной промышленности выбрана Австралия. Критерием выбора послужил сопоставимый объем производства этого энергетического ресурса.

В 2018 г. в Австралии было добыто 501,4 млн т угля, что на 13,5 % (или 59,5 млн т) выше, чем в России [11].

В структуре потребления первичных источников энергии Австралии преобладает нефть (36,95 %). На долю угля приходится 30,68 %, природного газа – 24,66 %, прочих источников энергии – 7,71 %.

Доля угля в энергобалансе Австралии на 18,46 % выше, чем в России. Однако в абсолютном измерении потребление угля в стране на 49,7 % (или 43,8 Mtoe) ниже, чем в России. Австралия является крупнейшим экспортером угля. Если экспорт российского угля в 2018 г. составил 193,2 млн т (или 43,7 % добычи), то

экспорт угля из Австралии составил около 392,5 млн т (или 78,3 % добычи) [12, 13].

Австралия специализируется на добыче каменного угля. В 2018 г. его добыто 456,3 млн т, добыча бурого угля составила 45,1 млн т. Наибольшая часть каменного угля добывается в северо-восточной части страны (штат Квинсленд), где преобладает открытый способ добычи. Общая добыча угля в этом регионе составила 251,2 млн т, из которых 156,2 млн т приходится на угли коксующихся марок. Более 88,3 % угля добыто открытым способом [14].

Добыча каменного угля открытым способом, преобладающая в северо-восточной части материка, сопровождается образованием вскрышных пород. В целом за 2018 г. в регионе образовалось более 1 997,8 млн м³ вскрыши. На тонну добытого угля в 2018 г. приходилось порядка 7,9 м³ вскрыши.

Четверть коксующегося угля в этом регионе добыто тремя предприятиями, входящими в группу *BHP Billiton: Goonyella Riverside*,

Blackwater, Peak Downs. Каждое из названных предприятий в 2018 г. произвело более 10 млн т высококачественного коксующегося угля. Практически весь добытый в Австралии коксующийся уголь (179 млн т) отгружается на экспорт, 60 % которого приходится на Индию, Китай, Японию [15].

В то время как коксующийся уголь практически в полном объеме направляется на внешние рынки, экспортные поставки энергетического угля составляют 80 % от его производства. Центр добычи энергетического угля сосредоточен на юге континента в штатах Виктория и Новый Южный Уэльс. Именно там располагаются крупные буроугольные бассейны.

Практически все внутреннее потребление энергетического угля связано с выработкой электроэнергии. К примеру, в штате Квинсленд за 2018 год с этой целью было использовано 21,3 млн т угля.

Выбросы углекислого газа в результате использования энергетического угля в целом по континенту выше 175 млн т, а на тонну нефтяного эквивалента этого вида топлива приходится 3,9 тонн CO₂. По сравнению с Россией удельные выбросы ниже на 700 кг.

С целью сокращения выбросов парниковых газов от использования угля в Австралии реализуется национальная инициатива «*The National Low Emissions Coal Initiative*» (NLECI). Созданная в рамках данной инициативы при поддержке Министерства промышленности некоммерческая организация ANLEC R&D осуществляет исследования и разработки в области системы улавливания и хранения углерода (CCS) с последующим их внедрением на предприятиях [16].

Снижению негативного воздействия предприятий ТЭК на окружающую среду способствуют следующие реализуемые в Австралии мероприятия [17]:

- переход к распределенной сетевой интеллектуальной энергетике, рационализация потребления электроэнергии;
- внедрение на объектах энергетики передовых технологий с низким уровнем экологического воздействия, минимизация неорганизованных выбросов;
- поиск технологических путей для увеличения масштабов солнечной генерации посредством поддержки производства фотоэлектрических (PV) систем, внедрения технологий концентрирования солнечной энергии (CSP).

Результаты анализа показателей отдельных зарубежных стран свидетельствуют о том,

что уровень техногенного воздействия обусловлен структурой производства и потребления энергетических ресурсов. В этой связи переход к более экологически чистым видам топлива является актуальным, в частности, для Австралии, в энергетическом балансе которой преобладают нефть и уголь. В Австралии при использовании 1 *toe* угля образуется порядка 3,9 т CO₂, что соответствует среднемировому уровню. Но для России рассматриваемый показатель значительно выше данного уровня. Рассмотрим мероприятия по минимизации экологического ущерба в России.

Стратегия минимизации ущерба

В России, как на законодательном уровне, так и на уровне бизнеса уделяется серьезное внимание проблемам экологии. Поскольку по результатам проведенного анализа определена высокая степень влияния предприятий угольной промышленности на состояние биосферы, то далее будут приведены стратегические задачи для минимизации экологического ущерба именно на примере этой отрасли промышленности.

На законодательном уровне одним из основополагающих документов, регулирующих деятельность предприятий отрасли, является Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 г. [18].

Одной из подпрограмм указанного документа является «Обеспечение экологической безопасности угольной промышленности». В подпрограмме отражены ключевые направления по обеспечению экологической безопасности в угольной промышленности: совершенствование нормативно-правовой и нормативно-методической базы по охране окружающей среды, проведение организационно-технических мероприятий по повышению эффективности природоохранной деятельности, научно-техническое обеспечение, взаимодействие участников рынка в части расширения использования новых технологий на энергетических объектах, выполнение технологических и технических мероприятий, организация мониторинга выбросов парниковых газов и оценка их сокращения в результате реализации планируемых технических и технологических мероприятий на долгосрочную перспективу.

Важнейшим нормативно-методическим документом в этой области является утвержденный приказом Росстандарта от 15.12.2017 г. № 2841 информационно-технический справочник «ИТС 37-2017. Информационно-

технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Добыча и обогащение угля». Также приказом Минприроды России от 25.03.2019 г. № 190 утвержден нормативный документ в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий добычи и обогащения угля».

В 2019 г. во исполнение распоряжения Правительства РФ от 24 мая 2018 года № 968-р расширен справочник «Сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)», куда добавлен раздел 8 «Сокращение выбросов загрязняющих веществ при перевалке угля в морских портах».

Организационно-технические мероприятия по обеспечению экологической безопасности, помимо периодического обследования природоохранных объектов, включают организацию курсов повышения квалификации для обслуживающего природоохранные объекты персонала, а также проведение на базе научных центров научно-практических семинаров.

В качестве примера можно привести курсы по обращению с отходами различных классов опасности, экологическому менеджменту и аудиту, экологическому контролю и анализу.

В сфере научно-технического обеспечения экологической безопасности добычи угля необходима дегазация угольных пластов до начала их разработки, очистка шахтных и карьерных вод, рекультивация нарушенных земель биологическим способом и выполнение других работ, определенных Программой развития угольной промышленности России на период до 2035 г.

Выполнение технологических и технических мероприятий включает реконструкцию и модификацию неэффективно работающих очистных сооружений, совершенствование технологий ведения горных работ, комплексное использование отходов угольного производства, строительство новых угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий с использованием современных, экологически чистых технологий [19–20].

Еще одним аспектом экологической безопасности является экологическая ответственность предприятий-производителей, которая становится все более весомым элементом деловой репутации. При выборе оптимального поставщика потребители учитывают не только качество угля, сроки поставок, стоимость, но и соблюдение контрагентом экологических норм и требований.

Всемирным фондом дикой природы (WWF) совместно с «Национальным Рейтинговым Агентством» ведется работа по формированию рейтинга открытости горнодобывающих и металлургических компаний России в сфере экологической ответственности. В 2019 г. первое место в рейтинге заняла компания «Полюс Золото», второе место – «СДС-Уголь», третье – «Kinross Gold».

Заключение

В заключение следует отметить, что преобладание в топливно-энергетическом балансе природного газа, нефти и угля обуславливает определенное техногенное влияние на окружающую среду. Степень влияния находится в прямой зависимости от объемов хозяйственной деятельности предприятий-производителей и потребителей. В частности, следствием роста угледобычи является увеличение площади нарушенных земель, объемов образующихся загрязняющих веществ и отходов производства.

Стратегическим решением экологической проблемы в угольной промышленности является создание энерготехнологических и углехимических кластеров. Для каждого кластера должны быть разработаны информационные системы управления геоэкологией. Простейшая структура этих систем приведена в настоящей работе. Следующим этапом исследования должна являться постановка и решение задачи оптимизации функционирования каждого кластера, расчет рейтинговых оценок, разработка целевых функций.

Библиографический список

1. Клапцов В.М. Экологическая политика Евросоюза // Проблемы национальной стратегии. 2010. № 3 (4). С. 147–161.
2. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru> (дата обращения: 01.04.2020).
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.
4. Копытов А.И., Куприянов А.Н. Новая стратегия развития угольной отрасли Кузбасса и решение экологических проблем // Уголь. 2019. № 11. С. 89–93. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-11-89-93
5. Юдович Я.Э. Геохимия осадочных пород (избранные главы): учебное пособие. Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. 254 с.

6. Харионовский А.А., Калушев А.Н., Васева В.Н., Симанова Е.И. Экология угольной промышленности: состояние, проблемы, пути решения // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2018. № 2. С. 70–81.

7. Министерство энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 01.04.2020).

8. IEA – International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org> (дата обращения: 19.04.2020).

9. British Petroleum (BP). URL: <https://www.bp.com> (дата обращения: 19.04.2019).

10. Ушаков, В.Я. Современные проблемы электроэнергетики: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 447 с.

11. Brown T.J. et al. World Mineral Production 2014-2018. Keyworth, Nottingham: British Geological Survey, 2020.

12. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2018 г. // Уголь. 2019. № 3. С. 64–79. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-64-79

13. Enerdata. URL: <https://yearbook.enerdata.net/> (дата обращения: 20.04.2020).

14. Queensland Government. URL: <https://www.data.qld.gov.au/> (дата обращения: 20.04.2020).

15. Australian Government. Department of Industry, Science, Energy and Resources. URL: <https://www.industry.gov.au/req> (дата обращения: 23.04.2020).

16. Australian National Low Emissions Coal Research & Development. URL: <https://anlecrd.com.au> (дата обращения: 23.04.2020).

17. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). URL: <https://www.csiro.au> (дата обращения: 23.04.2020).

18. Распоряжение Правительства РФ от 13.06.2020 № 1582-р «Об утверждении Программы развития угольной промышленности России на период до 2035 года». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_355241/ (дата обращения: 03.07.2020).

19. Федаш В.А. Рациональное применение отходов углеобогащения в хозяйственной деятельности субъектов РФ с использованием эколого-экономической оценки переработки породных отвалов // ГИАБ. 2017. № 1. С. 411–418.

20. Яновский А.Б. Основные тенденции и перспективы развития угольной промышленности России // Уголь. 2017. № 8. С. 10–14. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-8-10-14

References

1. Klaptsov V.M. Ecology policy of the European Union. *Problemy natsional'noi strategii. Ekonomika = National Strategy Issues. Economics*. 2010. No. 3 (4). Pp. 147–161. (In Russ.)

2. Federal State Statistic Service. Available at: <https://www.gks.ru> (accessed: 01.04.2020).

3. Gosudarstvennyi doklad “O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Rossiiskoi Federatsii v 2018 godu” [State report “On the Status and Environmental Protection of the Russian Federation in 2018”]. Moscow: Minprirody Rossii; NPP “Kadastr”, 2019. 844 p. (In Russ.)

4. Kopytov A.I., Kupriyanov A.N. A new strategy for the development of the coal industry of Kuzbass and solving environmental problems. *Ugol'*. 2019. No. 11. Pp. 89–93. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-11-89-93

5. Yudovich Ya.E. *Geokhimiya osadochnykh porod (izbrannye glavy)* [Geochemistry of sedimentary rocks (selected chapters)]. Moscow; Berlin: Direkt-Media, 2015. 254 p. (In Russ.)

6. Kharionovskii A.A., Kalushev A.N., Vaseva V.N., Simanova E.I. Coal industry ecology: the state, problems, ways of solution. *Bulletin of research center for safety in coal industry. Industrial safety* 2018. No. 2. Pp. 70–81. (In Russ.)

7. Ministry of Energy of Russian Federation. Available at: <https://minenergo.gov.ru> (accessed: 01.04.2020).

8. IEA – International Energy Agency. Available at: <https://www.iea.org> (accessed: 19.04.2020).

9. British Petroleum (BP). Available at: <https://www.bp.com> (accessed: 19.04.2019).

10. Ushakov V.Ya. *Sovremennye problemy elektroenergetiki* [Modern problems of electric power industry]. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2014. 447 p. (In Russ.)

11. Brown T.J. et al. World Mineral Production 2014-2018. Keyworth, Nottingham: British Geological Survey, 2020.

12. Tarazanov I.G. Russia's coal industry performance for January-December, 2018. *Ugol'*. 2019. No. 3. Pp. 64–79. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-64-79

13. Enerdata. Available at: <https://yearbook.enerdata.net/> (accessed: 20.04.2020).

14. Queensland Government. Available at: <https://www.data.qld.gov.au/> (accessed: 20.04.2020).

15. Australian Government. Department of Industry, Science, Energy and Resources. Available at: <https://www.industry.gov.au/req> (accessed: 23.04.2020).

16. Australian National Low Emissions Coal Research & Development. Available at: <https://anlecrd.com.au> (accessed: 23.04.2020).

17. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Available at: <https://www.csiro.au> (accessed: 23.04.2020).

18. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 13.06.2020 No. 1582-p "Ob utverzhdenii Programmy razvitiya ugol'noi promyshlennosti Rossii na period do 2035 goda"* [Order of the Government of the Russian Federation of June 13, 2020 No. 1582-p "On approval of the program

for the development of the Russian coal industry for the period up to 2035"]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_355241/ (accessed: 03.07.2020). (In Russ.)

19. Fedash V.A. Rational use of waste coal in economic activity of subjects of RF using environmental and economic assessment of processing of the dumps. *MIAB: Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2017. No. 1. Pp. 411–418. (In Russ.)

20. Yanovsky A.B. Main trends and prospects of the coal industry development in Russia. *Ugol'*. 2017. No. 8. Pp. 10–14. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2017-8-10-14

Информация об авторах / Information about the authors

Максим Сергеевич Гончаров – аспирант, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», maksim_goncharov_04@mail.ru, 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4

Игорь Михайлович Рожков – д-р техн. наук, профессор, nilim3@yandex.ru, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», nilim3@yandex.ru, 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4

Ирина Александровна Ларионова – д-р экон. наук, профессор, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», i_larionova@mail.ru, 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4

Maksim S. Goncharov – Postgraduate, National University of Science and Technology “MISIS”, 4 Leninskiy Prospect, Moscow 119049, Russia

Igor M. Rozhkov – Dr.Sc. (Eng.), Professor, nilim3@yandex.ru, National University of Science and Technology “MISIS”, 4 Leninskiy Prospect, Moscow 119049, Russia

Irina A. Larionova – Dr.Sc. (Econ.), Professor, National University of Science and Technology “MISIS”, i_larionova@mail.ru, 4 Leninskiy Prospect, Moscow 119049, Russia

Поступила в редакцию: 24.05.2020; после доработки: 13.07.2020; принята к публикации: 23.11.2020