

# Проблема обоснования условно-оптимальных объемов добычи угля в Кузбассе с учетом ограничений экологической емкости региона

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-85-91>

*Освещена проблема количественной оценки экологической емкости Кузбасса. Приведена графическая модель учета антропогенной нагрузки на экосистему Кузбасса. Доказывается необходимость обоснования условно-оптимальных объемов добычи угля в Кузбассе с учетом ограничений элементов экологической емкости. В первом подходе определены прогнозные объемы добычи угля и возможные объемы загрязнения атмосферы в Кузбассе при различных сценариях стратегического развития.*

**Ключевые слова:** оптимальность, экологические ограничения, экологическая емкость, прогноз, техногенез, природоподобные технологии, эффективное природопользование, стратегия развития угольной промышленности.

**Для цитирования:** Проблема обоснования условно-оптимальных объемов добычи угля в Кузбассе с учетом ограничений экологической емкости региона / А.И. Копытов, С.В. Новоселов, А.Н. Куприянов и др. // Уголь. 2023. № 6. С. 00-00. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-85-91.

## ВВЕДЕНИЕ

Добыча угля в Кузбассе осуществляется более 300 лет. За этот период из недр добыто около 10 млрд т.

В результате реструктуризации угольной отрасли, модернизации перспективных и создания новых высокоэффективных добывающих и перерабатывающих производств на основе разработанных технических и технологических инноваций в области оптимизации подготовки и отработки запасов, автоматизации и внедрения цифровых технологий за последние 15 лет объемы добычи угля в России выросли в 1,6 раза, в Кузбассе – в два раза, повысился уровень безопасности горных работ. Впервые за всю историю развития угольной отрасли в 2018 г. в Кузбассе было добыто 255,3 млн т угля (58% от обще-

## КОПЫТОВ А.И.

Доктор техн. наук, профессор  
Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева (КузГТУ),  
руководитель Сибирского отделения Академии горных наук,  
650000, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: kai.spssh@kuzstu.ru

## НОВОСЕЛОВ С.В.

Канд. экон. наук, доцент,  
650002, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: nowosyolow.sergej@yandex.ru

## КУПРИЯНОВ А.Н.

Доктор биол. наук, профессор,  
заведующий отделом  
«Кузбасский ботанический сад» ФИЦ УУХ СО РАН,  
650065, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: kupr-42@yandex.ru

## КУПРИЯНОВ О.А.

Канд. биол. наук, научный сотрудник  
лаборатории моделирования геоэкологических систем  
(совместно с ИВЭП СО РАН)  
Федерального исследовательского центра  
информационных и вычислительных технологий,  
650025, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: kuproa@gmail.com

российского) – в том числе 165,8 млн т (64,9%) – открытым способом [1, 2].

По расчетам аналитиков, при добыче такими темпами разведанных запасов угля в Кузбассе хватит еще более чем на 200 лет.

Несмотря на стремления многих государств перейти на «зеленую энергетику», уголь остается важнейшим энергоносителем в мировой структуре топливно-энергетического баланса (ТЭБ). Поэтому благодаря наличию больших объемов разведанных запасов углей с высокими характеристиками, соответствующими требованиями рынка, состоянию инфраструктуры, горнотехническим условиям Кузбасс будет еще длительное время оставаться ведущим угледобывающим регионом России и значимым в ТЭБ мира.

С развитием угольной отрасли и увеличением доли угля, добываемого открытым способом, уничтожается растительный и почвенный покров, увеличивается количество нарушенных земель, ухудшаются состояние атмосферы и качество воды [3]. В связи с этим, в условиях жесткого санкционного давления, кроме необходимости коррекции бизнеса угледобывающих компаний, перестройки логистических цепочек, способов и схем доставки угля потребителям на Азиатско-Тихоокеанский регион встает закономерный вопрос об оптимальности объемов его добычи, обеспечивающих стабильное развитие экономики и сохранение комфортных условий проживания людей.

Очевидно, что дальнейшее развитие угольной отрасли в Кузбассе в соответствии с принятой Стратегией социально-экономического развития до 2035 г. и сохранение стабильности окружающей среды являются неразрывно связанными между собой процессами. Вопросами гармонического экологического развития занимались многие известные экологи и биологи (от В.И. Вернадского [4], М.И. Будыко [5], А.В. Яблокова [6], Н.Ф. Реймерса [7] до современных ученых), которыми разработаны основные теоретические положения развития экосистем в условиях прогрессирующего техногенеза и изменения климата [8, 9, 10, 11, 12].

Вопросам экологии в Кузбассе уделялось значительное внимание, что подтверждается рядом научных работ [1, 2, 13, 14, 15 и др.]. Одним из важнейших аспектов, как научных исследований, так и для ведения Минуглепрома Кузбасса является определение предельных или оптимальных объемов добычи угля с учетом системных ограничений, что рассматривалось в ряде публикаций [14, 15], т.к. очевидно, что экологи, госменеджмент, бизнес должны знать предельные объемы добычи угля в Кузбассе.

В настоящее время делаются попытки сформировать понятие экологической емкости территории для различных аспектов хозяйственной деятельности [8, 16, 17, 18].

Для регионов с динамично развивающейся горнодобывающей промышленностью необходима разработка предельной величины антропогенной нагрузки на территорию, превышение которой может вызвать кризисное состояние экосистемы региона. Необходима системная модель оценки условно-оптимальных объемов добычи угля. Почему «условно»? Во-первых, любой добытый мил-

лион тонн угля – это вред экологии, во-вторых, каждый последующий добытый миллион тонн угля будет пагубнее влиять на экологию, в-третьих, в каждый новый год накопленный экологический ущерб от многомиллионной добычи будет иным (более большим), следовательно, в-четвертых, каждый новый год требует определения нового условно-оптимального объема добычи угля с учетом экологических ограничений [19].

Целью нашего исследования явилось обоснование условно-оптимальных объемов добычи угля в Кузбассе с учетом ограничений экологической емкости региона.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе статистической обработки в среде Excel данных по действующим угольным компаниям Кузбасса, промежуточных расчетов, поэтапных итераций, логического анализа были определены параметры аддитивной модели при наличии случайной составляющей для консервативного, вероятностного и оптимистического трендов развития угледобычи [20]:

$$Y_t = f(t) + V(t) + C(t) \pm \varepsilon(t),$$

где  $f(t)$  – условно-постоянная составляющая действующей производственной мощности региона, функция тренда, млн т в год (учет коэффициента использования действующей производственной мощности);  $V(t)$  – условно переменная составляющая производственной мощности региона, млн т в год (учет разности «ввод/выбытие» мощностей по среднесрочным периодам – пять лет);  $C(t)$  – циклическая составляющая производственной мощности региона, млн т в год (учет средних коэффициентов неравномерности добычи как в среднесрочном периоде до пяти лет, так и в долгосрочном цикле – 15 лет);  $\varepsilon(t)$  – случайная составляющая производственной мощности региона, млн т в год (изменяющийся абсолютный параметр, учитывающий результат преобладания возможных позитивных или негативных факторов).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общеизвестно, что оптимальность предполагает характеристику качества принимаемых решений и поиск оптимума, глобальный минимум или глобальный максимум. В целом оптимум употребляется в трех значениях: наилучший вариант для возможных состояний системы; наилучшее направление изменений системы; цель развития, т.е. достижение оптимума. Однако в привязке к реальной практике надо учитывать вероятностный характер протекания процессов и фактор устойчивости решения.

Оценка выбросов и сбросов загрязняющих веществ в экосистему Кузбасса производилась в соответствии с графической моделью экспресс-метода ранжирования территории по интегральному индикатору риска с учетом индексов загрязнения экосистемы и безопасности жизнедеятельности населения [19], представленной на рис. 1.

Согласно схеме, в первом подходе можно предложить неравенство экологической емкости региона (1), которая, по логике, в порядке должна превышать реальное антропогенное загрязнение территории, представляющее

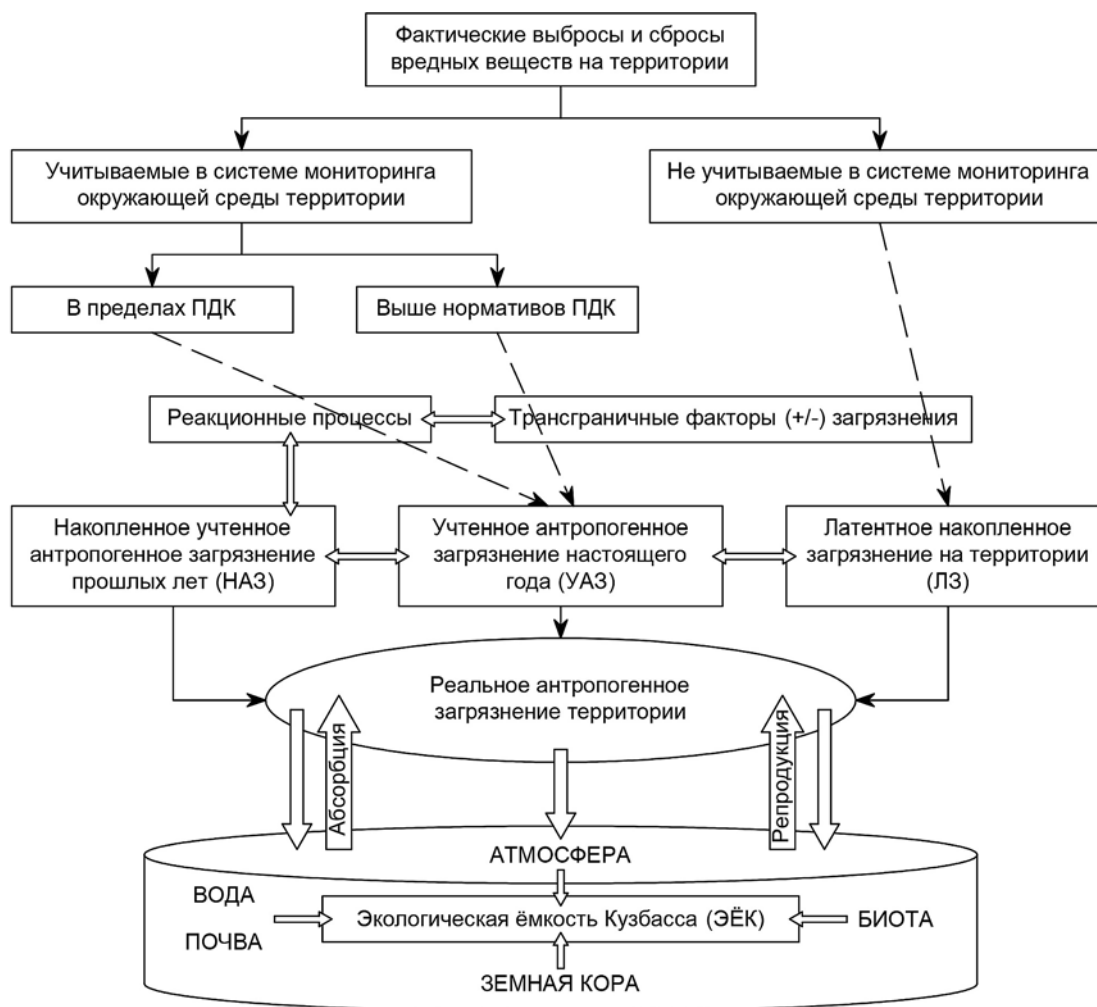


Рис. 1. Укрупненная модель оценки выбросов загрязняющих веществ в экосистему территории  
 Fig. 1. An enlarged model for estimating emissions of pollutants into the ecosystem of the territory

собой сумму накопленного учетного антропогенного загрязнения прошлых лет ( $НАЗ_i$ ), учетного антропогенного загрязнения настоящего года ( $УАЗ_i$ ) и латентного загрязнения на территории ( $ЛЗ_i$ ). А какой порядок – 100, 1000, 10000, 100000, лучше в 1000000 раз – это все надо научно обосновывать на основе учета ПДК по «системе загрязнителей» на площадь или на объем территории (с учетом специфики восстановительных процессов ландшафта и его биоты), т.е. определять экологическую техноёмкость территории (1):

$$ЭЭК_i \gg НАЗ_i + УАЗ_i + ЛЗ_i \quad (1)$$

Данная схема показывает всю сложность решения задач достоверного определения количественной оценки антропогенного загрязнения на рассматриваемой территории, т.к. с абсолютной достоверностью (всегда есть погрешность) невозможно учесть даже фактические выбросы и сбросы в окружающую среду – всегда есть ошибки первого и второго рода (либо в параметрах, либо в направлении). Создать всеобъемлющую единую систему учета всех существующих антропогенных загрязнений на территории очень сложно. Поэтому для ориентиро-

вочной оценки экологической ёмкости нужен определенный соответствующий параметр.

Существуют различные подходы к оценке антропогенной нагрузки на экологию региона: экологическая напряженность, коэффициент антропогенного давления, энерго-эквивалентность негативного воздействия и др. На наш взгляд, наиболее убедительным будет параметр удельного объема выбросов (сбросов) загрязняющих веществ на  $1 \text{ м}^2$  площади или на  $1 \text{ м}^3$  объема территории/объекта ( $\text{г}/\text{м}^2$  или  $\text{г}/\text{м}^3$ , можно в кг, т). В принципе, такой подход не новый, и его поддерживал профессор В.К. Сенчагов, но в  $\text{т}/\text{км}^2$  [21].

Для определения предельных или оптимальных объемов добычи угля в Кузбассе предложена графическая модель факторов взаимодействия в региональной системе «входы – процесс – выходы» с учетом оценки системы экологической безопасности региона (СЭБР) [22], (рис. 2).

Контент-анализ публикаций позволил выявить наиболее математически оснащенную процедуру – системный анализ, содержащий пять этапов:

- расчленение системы (включает экологическую подсистему) на отдельные части – подсистемы;

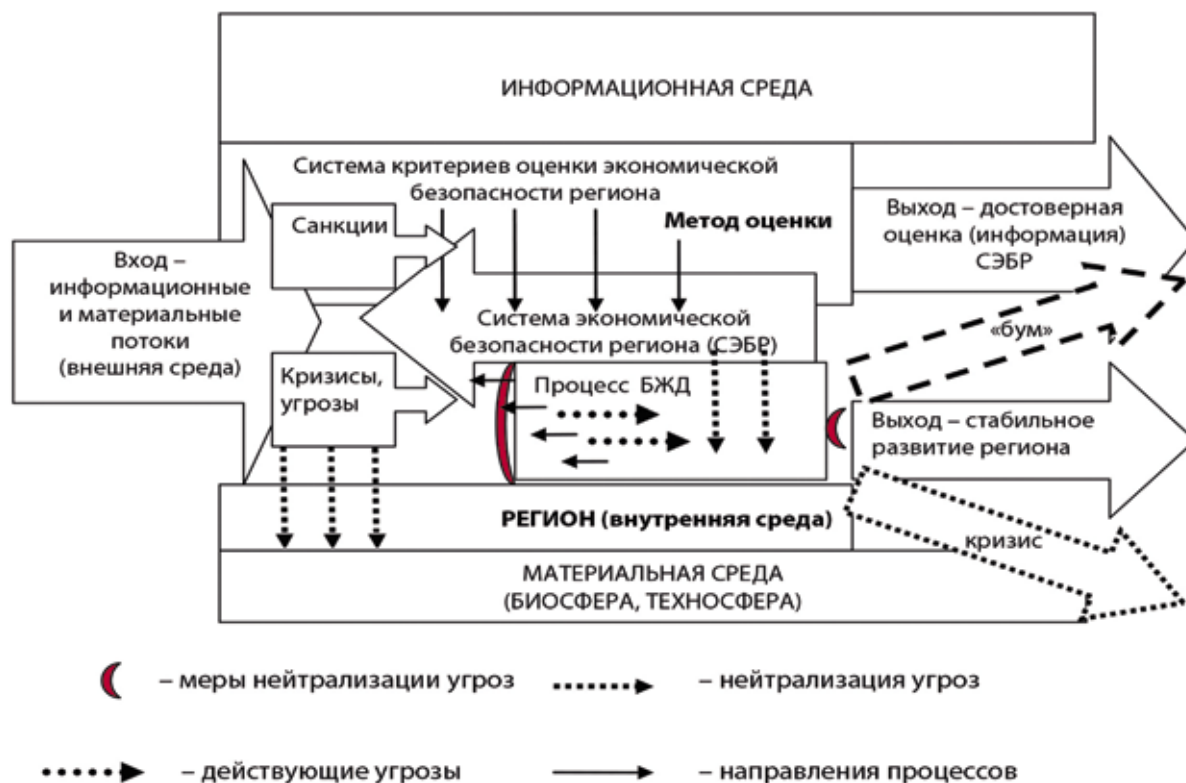


Рис. 2. Графическая модель взаимодействий факторов в системе экологической безопасности региона  
 Fig. 2. Graphical model of interactions of factors in the environmental safety system of the region

- подбор показателей (а чаще уравнений или неравенств), которые дают качественную и количественную оценку всем без исключения элементам, взаимосвязям, а также условиям, в которых существует система;
- разработка структурно-логической схемы системы;
- построение в общем виде математической модели системы;
- работа с математической моделью.

Математическая модель системы региона является инструментом конкретного исследования, проектирования и выдачи рекомендаций, а также дает возможность с помощью убедительного математического аппарата подтвердить эвристические догадки, интуицию и опыт экспертов и / или лица, принимающих решение.

Ориентируясь на разработанные ранее прогнозы [20] и определенные Программой [23] параметры добычи, получим прогнозные объемы выбросов по расчетному максимальному удельному загрязнению 0,0046 т. З. В / т у. (тонн загрязняющих веществ на тонну угля) согласно официально систематизированной информации [24], а далее определяем параметр выбросов в Кузбассе от угольной отрасли в т/км<sup>2</sup> (площадь 95725 км<sup>2</sup>) (см. таблицу).

Анализ загрязнений по площади в регионе с 2006-2021 гг. показал диапазон 7,33–10,8 т/км<sup>2</sup>, но был и расчетный кризисный параметр 12,09 т/км<sup>2</sup> при 251 млн т добычи в 2019 г. По прогнозным вариантам добычи, диапазон загрязнений кризисный – более 10 т/км<sup>2</sup>, и только при пессимистическом сценарии Кузбасс находится

в предкризисном состоянии, во всех остальных прогнозах превышение предельного параметра как минимум от 10 до 60%, это значит, что на столько же нужно увеличивать эффективность природоохранных мероприятий или сокращать добычу, чтобы выйти из интенсивного техногенеза.

Конечно, это только один из основных показателей системы экологического мониторинга, есть множество экологических норм и параметров, например по нарушенным землям. Это негативная сторона текущей модели развития угольной отрасли Кузбасса и наращивания открытой добычи, увеличиваются площади нарушенных земель, изменяется общий профиль земной поверхности полностью или частично уничтожается биологическое разнообразие, в настоящее время только отвалы и карьеры в Кузбассе занимают площадь около 150 тыс. га, т.е. на 1 млн т добычи – 6 га, что отмечалось авторами [13, 22], и составляют 1,5% от площади региона. Но можно посчитать и по конкретным муниципальным территориям и конкретным ландшафтам, которые значительно меньше площади Кузбасса, и экологическая ситуация в них получится кризисной, все зависит от каждой конкретной ситуации, времени и масштабов.

Забор вод и сброс загрязненных вод для шахт и рудников – также очень опасный антропогенный фактор, который может в среднем, по отчетам [24], определить около 1,3 т на 1 т добычи, т.е. на 250 млн т добычи угля Кузбасс имеет около 325 млн м<sup>3</sup> забранных и сброшенных загрязненных вод при различных концентрациях загряз-

## Сценарии развития угольной промышленности Кузбасса на период 2025–2030–2035 года и прогнозные объемы удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу региона

Development scenarios for the coal industry of Kuzbass for the period of 2025-2030-2035 and the forecast volumes of specific air emissions of pollutants in the region

Название сценария развития	2025 г.	2030 г.	2035 г.
<b>Авторские прогнозы по модели:</b> $Y_t = f(t) + V(t) + C(t) \pm \varepsilon(t)$			
1. Пессимистический сценарий – спад спроса на уголь, млн т	233,4	229,0	209,2
Объем выбросов загрязняющих веществ по пессимистическому сценарию:			
– т/регион	1076207,4	1055919,0	964621,2
– т/км <sup>2</sup>	11,24	11,03	10,00
2. Вероятностный сценарий – умеренный прирост мощностей и баланс отрицательных и положительных факторов, млн т	252,6	278,2	302,55
Объем выбросов загрязняющих веществ по вероятностному сценарию:			
– т/регион	1164738,6	1282780,2	1395058,1
– т/км <sup>2</sup>	12,16	13,40	14,57
3. Оптимистический сценарий – устойчивый рост в цепи: производственная мощность – транспорт – рынки угля, млн т	279,6	298,1	339,5
Объем выбросов загрязняющих веществ по оптимистическому сценарию:			
– т/регион	1289235,6	1374539,1	1565434,5
– т/км <sup>2</sup>	13,46	14,35	16,35
<b>Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 г. от 13 июня 2020 г. №1582-р</b>			
1. Консервативный сценарий, млн т	236,0	236,0	235,0
Объем выбросов загрязняющих веществ по консервативному сценарию:			
– т/регион	1088196,0	1088196,0	1083585,0
– т/км <sup>2</sup>	11,36	11,36	11,31
2. Оптимистический сценарий, млн т	284,0	295,0	297,0
Объем выбросов загрязняющих веществ по оптимистическому сценарию:			
– т/регион	1309524,0	1360245,0	1369467,0
– т/км <sup>2</sup>	13,68	14,20	14,30

нения и уровне очистки. Поэтому мы рассматривали как наиболее систематизированный и подверженный мониторингу фактор загрязнения атмосферы (охватывает всю Кузнецкую котловину), хотя понятно, что превышение по любому ограничению – как водные ресурсы, так и земельные – автоматически снимает оптимальный вариант. Все существенные экологические ограничения одновременно можно учесть только в многофакторной оптимизационной модели, но эта задача требует специальных исследований.

### Выводы

1. Экологическая ситуация в Кузбассе чрезвычайно динамична, идет постоянный поток изменений как позитивных, нейтральных, так и отрицательных факторов, влияющих на здоровье населения, растительность, почву, состояние биологического разнообразия. Системный мониторинг этих факторов позволит разработать рациональные параметры природопользования в угольной отрасли.

2. Необходима разработка Методики определения количественной оценки экологической емкости территорий Кузбасса с учетом развития угольной отрасли, наилучший результат которой это оптимальный годовой объем добычи угля.

3. Увеличение экологической емкости на территории Кузбасского угольного бассейна возможно за счет разработки и реализации комплексной программы восстановления растительного покрова нарушенных территорий и мероприятий по созданию экологически комфортных условий проживания населения на территориях с интенсивным недропользованием.

4. Разработка научно обоснованных оптимальных объемов добычи угля в Кузбассе с учетом экологической емкости региона позволит усовершенствовать управленческую платформу «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс», созданную по инициативе губернатора С.Е. Цивилева с целью обеспечения эффективного развития экономики региона и снижения нагрузки на экологию.



## Список литературы

1. Копытов А.И. Оптимизация стратегии угольной отрасли – гарантия эффективности, безопасности и стабильности промышленного потенциала экономики Кузбасса // Вестник КузГТУ. 2018. № 2. С. 5-11.
2. Копытов А.И., Шаклеин С.В. Направление совершенствования стратегии развития угольной отрасли Кузбасса // Уголь. 2018. № 5. С. 80–86. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-5-80-86.
3. Манаков Ю.А., Куприянов А.Н., Копытов А.И. Добыча каменного угля в Кузбассе в аспекте устойчивого развития региона // Уголь. 2018. № 9. С. 89–94. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-89-94.
4. Вернадский В.И. Биосфера и Ноосфера. М.: Айрис-пресс, 2004. 576 с.
5. Будыко М.И. Влияние человека на климат. Л.: Гидрометеоздат, 1972. 47 с.
6. Яблоков А.В. Россия: здоровье и среды людей. М.: ООО «ГАЛЕРЕЯ ПРИНТ», 2007. 223 с.
7. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. 367 с.
8. Литвиненко В.С., Пашкевич Н.В., Шувалов Ю.В. Экологическая емкость природной среды Кемеровской области. Перспективы развития промышленности // ЭКО-бюллетень ИнЭкА. 2014. № 3. С. 28.
9. Modelling the causal relationship between energy and growth factors: Journey towards sustainable development / M. Rehman, Z. Khalid, S. Faiza et al. // Renewable Energy. 2014. № 63. pp. 353–365.
10. Опарин В.Н., Потапов В.П., Гиниятуллина О.Л., Быков А.А., Счастливцев Е.Л. Комплексный мониторинг техногенной нагрузки на атмосферу горнопромышленного региона // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. № 5. С. 162-168.
11. Mukul S. Global sustainable development goals are about the use and distribution, not scarcity of natural resources: will the middle class in the USA, China and India save the climate as its incomes grow? // Climate and Development. 2015. № 3. pp. 97-99.
12. Hamilton K., Atkinson G. Wealth, welfare and sustainability: Advances in measuring sustainable development, Northampton: Edward Elgar, 2006. 214 p.
13. Копытов А.И., Манаков Ю.А., Куприянов А.Н. Развитие угледобычи и сохранение экосистем в Кузбассе // Уголь. 2017. № 3. С. 72-77. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-3-72-77.
14. Новоселов С.В. Системная оценка антропогенной нагрузки на окружающую среду региона от деятельности ТЭК (на примере Кузбасса). В сборнике: Экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения, сборник трудов II Всероссийской молодежной научно-практической конференции, 2017. С. 218.
15. Новоселов С.В. Методические аспекты расчета оптимальных параметров производства и потребления энергетических ресурсов региональным ТЭК Кемеровской области в стратегической перспективе на период 2020–2030 гг. // Уголь. 2015. № 4. С. 47-50. URL: <http://www.ugolino.ru/Free/042015.pdf> (дата обращения: 15.05.2023).
16. Yanase A. Pollution control in open economies: Implications of within-period interactions for dynamic game equilibrium // Journal of Economics. 2005. № 84. pp. 277-311.
17. Баранник Л.П. Экологическая емкость территории (на примере муниципального образования «Новокузнецкий сельский район») // Экологическая стратегия. Эко-бюллетень ИнЭкА (Новокузнецк). 2008. № 04. С. 42-44.
18. The limits of acceptable change (LAC) system for wilderness planning / G.H. Stankey, D.N. Cole, R.C. Lucas et al. U.S. Department of agriculture, Forest service, 1985. 37 p.
19. Экспресс-метод ранжирования территории по интегральному индикатору риска с учетом индексов загрязнения экосистемы и БЖД населения (на примере Кемеровской области) / С.В. Новоселов, А.С. Голик, В.Г. Харитонов и др. // ТЭК и ресурсы Кузбасса. 2013. № 3. С. 41-47.
20. Новоселов С.В., Оганесян А.С. Проблемы, риски и прогнозы развития угольной промышленности Кемеровской области на период до 2035 г. // Уголь. 2021. № 2. С. 38-41. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-2-38-41.
21. Сенчагов В.К. Экономическая безопасность России: Общий курс / Под ред. В.К. Сенчагова, 2-е изд. М.: Дело, 2005, 896 с.
22. Новоселов С.В., Панихидников С.А. Системная оценка экономической безопасности региона // Уголь. 2018. № 12. С. 48-53. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-12-48-53.
23. Распоряжение Правительства РФ от 13 июня 2020 г. № 1582-р. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года.
24. Доклады о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2012–2021 гг. [Электронный ресурс]. Сайт Департамента природных ресурсов и экологии Кемеровской области. URL: <http://kuzbasseco.ru/doklady/o-sostoyanii-okruzhayushhej-sredy-kemerovskoj-oblasti> (дата обращения: 15.05.2023).

Original Paper

UDC 622.85:622:882:622.33(571.17) © A.I. Kopytov, S.V. Novoselov, A.N. Kupriyanov, O.A. Kupriyanov, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 6, pp. 85-91  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-85-91>

## Title

**THE PROBLEM OF SUBSTANTIATING CONDITIONALLY OPTIMAL VOLUMES OF COAL PRODUCTION IN KUZBASS, TAKING INTO ACCOUNT THE LIMITATIONS OF THE ECOLOGICAL CAPACITY OF THE REGION**

## Authors

Kopytov A.I.<sup>1</sup>, Novoselov S.V.<sup>2</sup>, Kupriyanov A.N.<sup>3</sup>, Kupriyanov O.A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup> Kemerovo, 650002, Russian Federation,

<sup>3</sup> Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of SB RAS, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>4</sup> Federal Research Center for Information and Computational Technologies, Kemerovo, 650025, Russian Federation

ECOLOGY

**Authors Information**

**Kopytov A.I.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Siberian Branch of Academy of Mining Sciences, e-mail: kai.spssh@kuzstu.ru

**Novoselov S.V.**, PhD (Economic), Associate Professor, e-mail: nowosyolow sergej@yandex.ru

**Kupriyanov A.N.**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of "Kuzbass Botanical Garden" Department, e-mail: kupr-42@yandex.ru

**Kupriyanov O.A.**, PhD (Biological), Senior Researcher, Research Associate at the Laboratory of Geocological Systems Modelling (jointly with Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences), e-mail: kuproa@gmail.com

**Abstract**

The problem of quantitative assessment of the ecological capacity of Kuzbass is highlighted. A graphical model of accounting for anthropogenic load on the ecosystem of Kuzbass is presented. The necessity of substantiating the conditionally optimal volumes of coal production in Kuzbass, taking into account the limitations of the elements of ecological capacity, is proved. In the first approach, the projected volumes of coal production and possible volumes of atmospheric pollution in the Kuzbass under various scenarios of strategic development are determined.

**Keywords**

Optimality, Environmental constraints, Ecological capacity, Forecast, technogenesis, Nature-like technologies, Effective environmental management, Strategy for the development of the coal industry.

**References**

1. Kopytov A.I. Optimization of the strategy of the coal industry – a guarantee of efficiency, safety and stability of the industrial potential of the Kuzbass economy. *Vestnik KuzGTU*, 2018, (2), pp. 5–11. (In Russ.).
2. Kopytov A.I. & Shaklein S.V. Trends of Kuzbass coal industry improvement strategy. *Ugol'*, 2018, (5), pp. 80–86. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-5-80-86.
3. Manakov Yu.A., Kupriyanov A.N. & Kopytov A.I. Kuzbass coal mining for the region stable development. *Ugol'*, 2018, (9), pp. 89–94. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-89-94.
4. Vernadsky V.I. Biosphere and Noosphere. Moscow, Iris-press Publ., 2004, 576 p. (In Russ.).
5. Budyko M.I. Human influence on climate. Leningrad, Hydrometeoizdat Publ., 1972, 47 p. (In Russ.).
6. Yablokov A.V. Russia: human health and environment. Moscow, Gallery Print LLC Publ., 2007, 223 p. (In Russ.).
7. Reimers N.F. Ecology (theories, laws, rules, principles and hypotheses). Moscow, Journal "Young Russia" Publ., 1994, 367 p. (In Russ.).
8. Litvinenko V.S., Pashkevich N.V. & Shuvalov Yu.V. Ecological capacity of the natural environment of the Kemerovo region. Prospects for the development of industry. *ECO-bulletin of INECA*, 2014, (3), pp. 28. (In Russ.).
9. Rehman M., Khalid Z., Faiza S., Muhammad S., Muhammad I., Imran K. & Imran N. Modelling the causal relationship between energy and growth factors: Journey towards sustainable development. *Renewable Energy*, 2014, (63), pp. 353–365.
10. Oparin V.N., Potapov V.P., Giniyatullina O.L., Bykov A.A. & Shchastyantsev E.L. Complex monitoring of technogenic load on the atmosphere of the mining region. *Fiziko-Tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 2017, (5), pp. 162–168. (In Russ.).
11. Mukul S. Global sustainable development goals are about the use and distribution, not scarcity of natural resources: will the middle class in the

USA, China and India save the climate as its incomes grow? *Climate and Development*, 2015, (3), pp. 97–99.

12. Hamilton K. & Atkinson G. Wealth, welfare and sustainability: Advances in measuring sustainable development, Northampton: Edward Elgar, 2006, 214 p.

13. Kopytov A.I., Manakov Yu.A. & Kupriyanov A.N. Coal mining and issued of ecosystem preservation in Kuzbass. *Ugol'*, 2017, (3), pp. 72–77. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2017-3-72-77.

14. Novoselov S.V. Systematic assessment of the anthropogenic impact on the environment of the region from the activities of the fuel and energy complex (on the example of Kuzbass). In the collection: Environmental problems of industrially developed and resource-producing regions: solutions, proceedings of the II All-Russian Youth Scientific and Practical Conference, 2017, p. 218. (In Russ.).

15. Novoselov S.V. Methodological Aspects of the Optimal Parameters Calculation of Production and Energy Resources Consumption by the Regional Fuel and Energy Complex of Kemerovo Region in the Strategic Outlook for the Period of 2020-2030. *Ugol'*, 2015, (4), pp. 47–50. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042015.pdf> (accessed 15.05.2023). (In Russ.).

16. Yanase A. Pollution control in open economies: Implications of within-period interactions for dynamic game equilibrium. *Journal of Economics*, 2005, (84), pp. 277–311.

17. Barannik L.P. Ecological capacity of the territory (on the example of the municipal formation "Novokuznetsk rural area"). *Ekologicheskaya strategiya / Eko-byulleten' Ineka* (Novokuznetsk), 2008, (04), pp. 42-44. (In Russ.).

18. Stankey G.H., Cole D.N., Lucas R.C., Petersen M.E. & Frisell S.S. The limits of acceptable change (LAC) system for wilderness planning. U.S. Department of agriculture, Forest service, 1985, 37 p.

19. Novoselov S.V., Golik A.S., Kharitonov V.G., Remezov A.V. & Zubareva V.A. Expression method of ranking the territory according to the integral risk indicator taking into account the indices of ecosystem pollution and the population's BZHD (on the example of the Kemerovo region). *TEK i resursy Kuzbasa*. 2013, (3), pp. 41-47. (In Russ.).

20. Novoselov S.V. & Oganessian A.S. Problems, risks and forecasts of the development of the coal industry in the Kemerovo region for the period 2025–2035. *Ugol'*, 2021, (2), pp. 38-41. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-2-38-41.

21. Senchagov V.K. Economic security of Russia: General course. Edited by V.K. Senchagov, 2nd ed. Moscow, Delo Publ., 2005, 896 p. (In Russ.).

22. Novoselov S.V. & Panikhidnikov S.A. Systematic assessment of economic security of the region. *Ugol'*, 2018, (12), pp. 48-53. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-12-48-53.

23. The program of development of the coal industry of Russia for the period up to 2035. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated June 13, 2020, No. 1582-r.

24. Reports on the state and environmental protection of the Kemerovo Region in 2012-2021. Available at: <http://kuzbasseco.ru/doklady/o-sostoyanii-okruzhayushhej-sredy-kemerovskoj-oblasti> (accessed 15.05.2023).

**For citation**

Kopytov A.I., Novoselov S.V., Kupriyanov A.N. & Kupriyanov O.A. The problem of substantiating conditionally optimal volumes of coal production in Kuzbass, taking into account the limitations of the ecological capacity of the region. *Ugol'*, 2023, (6), pp. 85-91. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-85-91.

**Paper info**

Received April 25, 2023

Reviewed May 10, 2023

Accepted May 26, 2023