

**Воздействие промышленного освоения северных районов
на водные ресурсы:
модель прогноза на примере Республики Саха (Якутия)**

С.М. Никоноров¹ , А.И. Егорова^{1,2}  , Е.Э. Григорьева² 

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, Российской Федерации

² Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
677018, Якутск, ул. Строителей, д. 8, Российской Федерации

 snp077@yandex.ru

Аннотация. Перед промышленными регионами России поставлена важная стратегическая задача перехода к устойчивому развитию производства со снижением воздействия на окружающую среду, в том числе на водные ресурсы территорий присутствия. Активная фаза промышленного освоения и реализация крупных добывающих проектов на северных территориях оказывают прямое воздействие на использование и загрязнение водных ресурсов. Сегодня существует востребованность в современных инструментах экосистемного менеджмента для оценки и мониторинга индикаторов, характеризующих принципы устойчивого и неистощительного природопользования, особенно в местах повышенного риска – северных территориях ресурсного типа. Цель работы – провести прогнозную оценку воздействия промышленного освоения на водные ресурсы северных территорий с помощью математико-статистических моделей в разрезе муниципальных районов на примере региона ресурсного типа (Республика Саха (Якутия)). При исследовании применены следующие экономико-математические методы: динамика временных рядов, экспертная оценка, сумма мест, рейтинг, моделирование, декаплинг и др. Определены темпы и перспективы промышленного освоения муниципальных районов республики. Построен рейтинг муниципальных районов республики по уровню эколого-экономического воздействия. Получены результаты оценки продуктивности водных ресурсов при создании валового муниципального продукта. Проанализирована динамика состояния водных ресурсов районов. На основе построенных моделей дана прогнозная оценка динамики объемов заборов воды в ТОП-5 добывающих районов республики.

Ключевые слова: водные ресурсы, промышленное освоение, северные территории, Республика Саха (Якутия), моделирование, декаплинг, каплинг

Благодарности: Работа выполнена при поддержке государственного задания Минобрнауки России по проекту FSRG-2023-0025 «Современные методы математического моделирования и их приложения».

Для цитирования: Никоноров С.М., Егорова А.И., Григорьева Е.Э. Воздействие промышленного освоения северных районов на водные ресурсы: модель прогноза на примере Республики Саха (Якутия). *Экономика промышленности*. 2025;18(4):529–543. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1536>

The impact of industrial development in the Northern regions on water resources: a forecast model based on the example of the Republic of Sakha (Yakutia)

S.M. Nikonorov¹ , A.I. Egorova^{1,2}  , E.E. Grigorieva² 

¹ Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation

² Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov,
8 Stroiteley Str., Yakutsk 677018, Russian Federation

 snp077@yandex.ru

Abstract. The industrial regions of Russia face an important strategic task of transition to sustainable production development with reduced environmental impact, including on the water resources of the territories of presence. The active phase of industrial development and the implementation of large mining projects in the northern territories have a direct impact on the use and pollution of water resources. There is a demand for modern ecosystem management tools to evaluate and monitor indicators that characterize the principles of sustainable use of natural resources, especially in high-risk areas – the northern resource-type territories. The purpose of the work is to assess the impact of industrial development on the water resources of the northern territories using mathematical and statistical models in the context of municipal districts on the example of a resource-type region (the Republic of Sakha (Yakutia)). Some economic and mathematical methods were used in the study: time series dynamics, expert assessment, sum of places, rating, modeling, decoupling, and others. The pace and prospects of industrial development of the republic's municipal districts have been determined. A rating of municipal districts of the republic in terms of environmental and economic impact has been built. The results of assessing the productivity of water resources in the creation of a gross municipal product have been obtained. The dynamics of the state of the water resources of the districts is analyzed. Based on the constructed models, a forecast estimate of the dynamics of water intake volumes in the TOP 5 producing regions of the republic is given.

Keywords: water resources, industrial development, northern territories, Republic of Sakha (Yakutia), modeling, decoupling, coupling

Acknowledgements: The research was supported by a state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation for the FSRG-2023-0025 project “Modern mathematical modeling methods and their applications”.

For citation: Nikonorov S.M., Egorova A.I., Grigorieva E.E. The impact of industrial development in the Northern regions on water resources: a forecast model based on the example of the Republic of Sakha (Yakutia). *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(4):529–543. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-4-1536>

北部地区工业开发对水资源的影响： 以萨哈共和国（雅库特）为例的预测模型

S.M. 尼科诺罗夫¹ , A.I. 耶戈罗娃^{1,2}  , E.E. 格里戈里耶娃² 

¹ 莫斯科罗蒙诺索夫国立大学，119991，俄罗斯联邦莫斯科列宁山1号

² 阿莫索夫东北联邦大学，677018，俄罗斯联邦雅库茨克建设者大街8号

 snp077@yandex.ru

摘要：俄罗斯工业地区面临着一项重要的战略任务，即向可持续生产发展过渡，同时减少对所在地区环境（包括水资源）的影响。北部地区工业开发的活跃阶段以及大型采掘项目的实施，对水资源的利用和污染产生了直接影响。目前需要现代化的生态系统管理工具来评估和监测表征可持续自然资源利用原则的各项指标，尤其是在高风险地区——北部资源丰富的地区。本研究的目的是以资源丰富的萨哈共和国（雅库特）为例，运用数学和统计模型，对北部地区工业

开发对水资源的影响进行预测性评估。研究采用了以下经济数学方法：时间序列动态分析、专家评估、秩和法、评级法、建模、脱钩分析等。研究确定了萨哈共和国各市政区的工业发展速度和前景，并根据生态经济效应程度对各市政区进行了排名。此外，通过对水资源生产力在创造城市生产总值方面的作用进行评估，获得了相关结果。分析了各市政区水资源状况的动态变化。基于构建的模型，对萨哈共和国用水量排名前五的地区进行了用水量动态预测。

关键词：水资源、工业开发、北部地区、萨哈共和国（雅库特）、建模、脱钩分析、耦合

致谢：本研究由俄罗斯联邦教育与科学部国家任务“现代数学建模方法及其应用”（项目编号：FSRG-2023-0025）资助。

Введение

Для северных регионов ресурсного типа производственная подсистема превалирует и отличается своей отраслевой структурой в сторону значительной доли добычи полезных ископаемых в промышленности региона [1; 2]. Сыревая направленность развития отраслей экономики северных регионов ресурсного типа сохраняется и характеризуется высоким потенциалом минерально-сырьевой базы [3; 4]. За последние десять лет зависимость северных ресурсных регионов от добывающей промышленности лишь усилилась, что подтверждается в работах [5–7]. Этот процесс обусловлен прежде всего несовершенной конкуренцией и специфической (зачастую квазирночной) структурой экономического пространства северных территорий [8–10], в том числе за рубежом [11–13]. Экономика ресурсозависимых регионов подвержена влиянию множества сложных и не всегда явных экономических и политических факторов [14–16], что повышает неопределенность их дальнейшего развития и затрудняет прогнозирование.

Промышленное освоение районов республики: темперы и перспективы

Республики Саха (Якутия) (далее – Якутия) играет стратегическую роль в горнодобывающем секторе России, являясь основным поставщиком алмазов, золота, олова и сурьмы в масштабах страны [17]. Основные добывающие районы Якутии с максимальной экономической ценностью расположены на западе и юге республики (рис. 1).

Западная экономическая зона представляет собой динамично развивающийся регион с концентрацией стратегически важных месторождений алмазов, золота, нефти и газа. Активное освоение углеводородных ресурсов сопровождается развитием трубопроводной инфраструктуры («Восточная Сибирь – Тихий океан», «Сила Сибири»).

Южная экономическая зона является традиционным промышленным районом с вековой

историей золотодобычи (Алданский район) и более чем полувековым опытом угледобычи (Нерюнгринский район). Городской округ Якутск (далее – ГО Якутск) выполняет роль экономического центра республики как транспортно-логистический узел, центр обрабатывающих производств и место сосредоточения сервисной экономики. При этом в пригороде ГО Якутск в пгт Кангалассы продолжается добыча угля для обеспечения локальных потребностей.

В стоимостном выражении за 2006–2023 гг. общий объем добычи полезных ископаемых в республике увеличился более чем в 10 раз (рис. 1). Удельный вес добывающей промышленности в валовом муниципальном продукте республики возрос с 46 до 64 % за анализируемый период. Доля ТОП-5 добывающих районов (Мирнинский, Ленский, Нерюнгринский, Алданский, ГО Якутск) возросла с 75 до 89 % от общего объема отгруженной продукции собственного производства в добыче полезных ископаемых республики¹.

Анализ отраслевой структуры по добыче полезных ископаемых в 2023 г. показывает, что лидирующие позиции в Якутии занимают «добыча нефти и природного газа» (44 %), «добыча угля» (16 %), «добыча металлических руд и прочие» (29 %) и «предоставление услуг в области добычи полезных ископаемых» (11 %)². В результате промышленного освоения за период 2006–2021 гг. в значительных масштабах возрос экспорт республики с 2,2 до 5,6 млрд долл. США (по данным ФТС России). В основном экспортятся минеральные продукты (36 %) и природные алмазы (63 %). Для внутренних потребностей ведется отработка угля, добываются природный газ, нефть, платина, камнецветное сырье, строительные материалы и другие полезные ископаемые.

¹ Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). База данных показателей муниципальных образований. Дата обращения: <https://14.rosstat.gov.ru/folder/234223> (дата обращения: 20.05.2025).

² Статистический ежегодник Республики Саха (Якутия): Стат. сб. Якутск; 2024. 285 с.

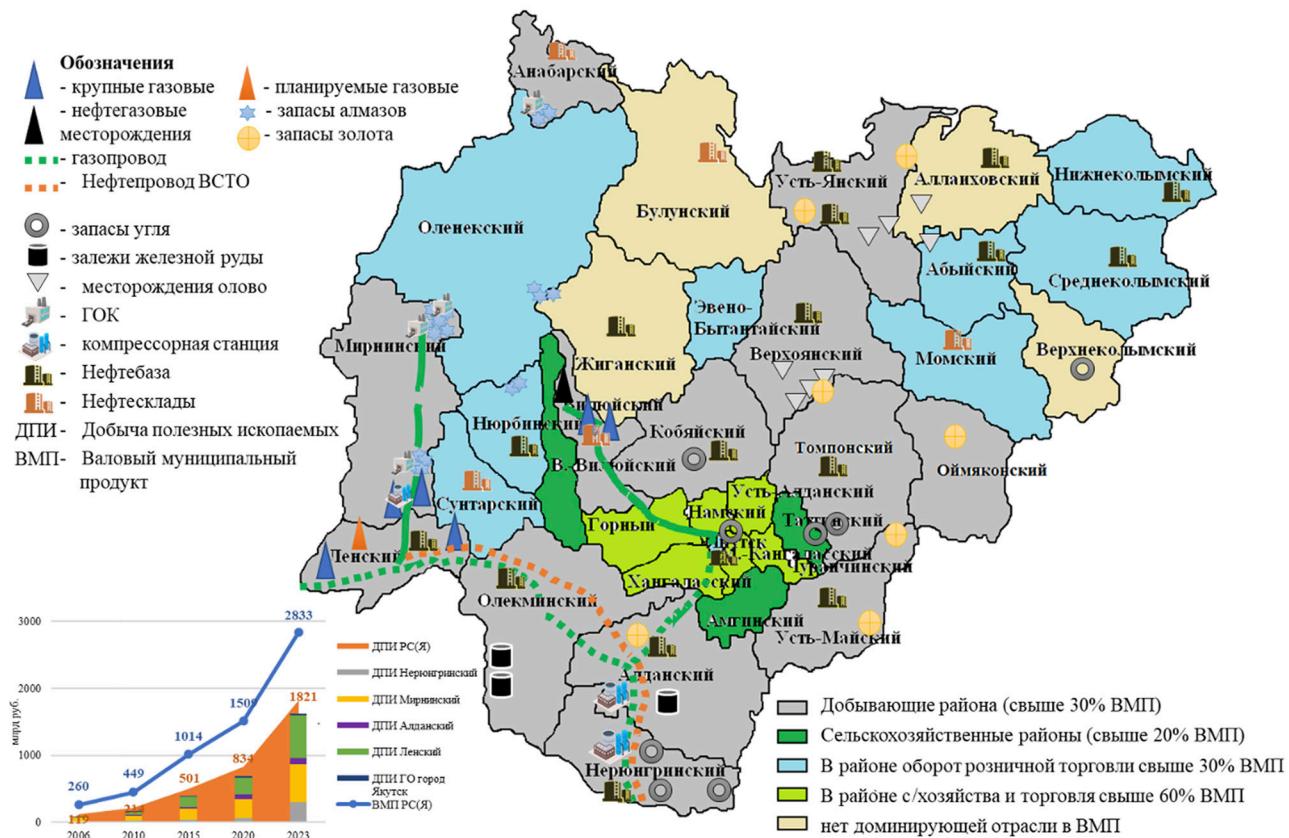


Рис. 1. Влияние добычи полезных ископаемых на экономику районов Якутии

Fig. 1. The impact of mining on the economy of Yakutia's districts

По рейтингу общих запасов всех видов природных ресурсов Якутия занимает первое место в Российской Федерации. Удельный вес запасов полезных ископаемых Якутии в минерально-сырьевом потенциале России на 01.01.2024 составляет, %: по алмазам – 81, золоту – 10, урану – 54, сурьме – 80, железным рудам – 5,5, углю – 5, олову – 36, нефти – 2 и природному газу – 5. Имеются значительные запасы редкоземельных элементов, серебра, ртути, свинца, цинка, вольфрама³.

Перспективы промышленного освоения республики связаны с освоением труднодоступных месторождений полезных ископаемых [18], развитием транспортной инфраструктуры [19], а также реализацией крупных энергетических проектов удаленных районов [20]. Развитие арктических районов происходит в основном за счет освоения месторождений редкоземельных металлов «Томтор», расширения добычи алмазов в Анабарском, Оленекском и Булунском районах.

³ Представительство МИД РФ в Якутске. Режим доступа: <https://yakutsk.mid.ru/ru/international/about-region/> (дата обращения: 15.06.2025).

Планируется развитие добычи золота и олова в Усть-Янском районе, а также серебра в Верхоянском районе. Комплексное развитие планируется по добыче угля в Колымской и Индигирской группах районов.

Таким образом, в Якутии имеются масштабные ресурсы и перспективы промышленного роста добычи полезных ископаемых за счет импульсных проектов [21; 22]. Именно применяемые технологии добычи полезных ископаемых оказывают ключевое влияние на использование водных ресурсов на территориях присутствия.

Динамика состояния водных ресурсов в районах Якутии

Наиболее значимым показателем для анализа сохранности водных ресурсов является показатель забора воды из природных источников. В среднем за год забор воды составляет 217,3 млн м³. При этом объем существенно не менялся с 2010 г., за исключением 2012 г., когда рост составил 15,2 % от уровня 2011 г. Наиболее значимое сокращение забора воды можно отметить в 2017 г. – на 6,3 % ниже уровня предыдущего

го года⁴. Такое, в среднем, постоянство является негативным моментом с позиции сохранности водных ресурсов.

Рассматривая динамику показателя забора воды из природных источников, целесообразно отметить, что его распределение по муниципальным образованиям крайне неравномерно, но устойчиво во времени (**рис. 2**). Наибольшие объемы потребления воды в 2010 г. приходились на Нерюнгринский район – 21,3 %, который, в свою очередь, является одним из наиболее промышленно развитых в Якутии и на Дальнем Востоке в целом. Основу экономики Нерюнгринского района составляют отрасли промышленности, специализирующиеся на добыче угля, золота, выработке электроэнергии. Второе место по потреблению воды занимает ГО Якутск, на долю которого приходится 17,1 % общего объема забора воды из природных источников. Третье место по потреблению воды (16,7 %) занимает Мирнинский район, основу экономики которого составляют предприятия акционерной компании «АЛРОСА». В Алданском районе (8,8 %) значительно развита горнодобывающая промышленность: добыча золота, слюды, имеется производство строительных материалов, действуют ремонтно-механические и автотранспортные предприятия, деревообработка, отрасли ювелирной, пищевой промышленности. В Ленском районе (6,0 %) ведущее место в экономике занимает лесная промышленность (лесозаготовки, деревообработка), предприятия по обслуживанию речного и автомобильного транспорта, произ-

водство строительных материалов, пищевая промышленность⁵.

При относительно стабильной структуре забора воды по муниципальным районам можно отметить, что общее потребление неуклонно растет (**табл. 1**). Несмотря на снижение забора воды в Якутске, Нерюнгринском и Алданском районах, существенный рост в Мирнинском и прочих районах привел к общему росту забора воды по Республике на 2,2 млн м³ в 2010–2023 гг.

В то же время в последние несколько лет тенденция к росту или снижению забора воды отсутствует, в связи с чем целесообразно предположить, что в 2025–2026 гг. объем сохранится на уровне 217,3 млн м³ (**табл. 2**).

В ГО Якутск за период 2010–2023 гг. наметилась тенденция снижения показателя забора воды из природных источников, хотя в последние 4 года эти темпы замедлились. Тем не менее сохранение динамики позволит сократить объем забора воды до уровня 27,3 млн м³ в 2026 г. В Нерюнгринском районе в целом за рассматриваемый период наблюдалось сокращение объема забора воды, однако, начиная с 2019 г., характер динамики изменился объем забора воды начал ежегодно расти. Таким образом, если неблагоприятная динамика (с позиции сохранности водных ресурсов) сохранится в ближайшие три года, то можно сделать предположение, что к 2026 г. забор воды из природных источников в Нерюнгринском районе достигнет 46,7 млн м³. Прогнозные значения по остальным крупнейшим районам забора воды, также основанные на текущей динамике, представлены в **табл. 2**.

⁴ Федеральная служба государственной статистики. Забор воды из природных водных объектов. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/34563> (дата обращения: 15.06.2025).

⁵ Экологический паспорт Республики Саха (Якутия). Водные ресурсы. Режим доступа: https://prirodayakutia.sakha.gov.ru/ep_water/section/1 (дата обращения: 01.02.2025).

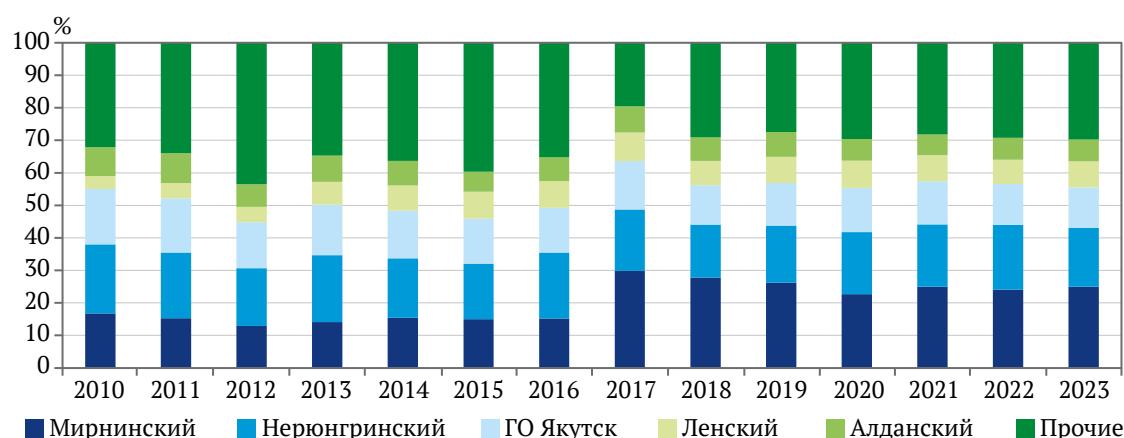


Рис. 2. Распределение забора воды из природных источников по муниципальным образованиям Якутии за период 2010–2023 гг.

Fig. 2. Distribution of water intake from natural sources by municipalities of Yakutia for the period 2010–2023

Рассматривая показатели сохранности водных ресурсов Якутии, крайне важно оценить динамику показателя сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты. Наибольшее значение приходится на 2011 г. – 86,7 млн м³, минимальные объемы сброса загрязненных сточных вод наблюдались в 2017 г. – 48,2 млн м³. Это большие значения как в абсолютном, так и в относительном выражении, поскольку на 100 м³ забора воды в среднем с 2010 г. приходится 34 м³ сброса загрязненных сточных вод (рис. 3). Если же сопоставлять с общим объемом сточных вод, то в среднем половина из них приходится на загрязненные воды.

Неустойчивый характер динамики сброса загрязненных вод связан с колебаниями объе-

мов экономической активности. К примеру, рост сброса загрязненных вод в 2019 г. на 47 % по сравнению с 2018 г. совпал с ростом добычи металлических руд на 32 %, добычи золота – на 24 %, угля – на 10 % за тот же период.

Рассмотрим уровень дифференциации показателя сброса сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты в разрезе муниципальных образований Якутии. Треть муниципальных образований практически не имели загрязненных сбросов сточных вод. При этом в среднем более 80 % общего объема сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты производится на территории всего 5 муниципальных образований (рис. 4).

Таблица 1 / Table 1

Динамика объема забора воды из природных источников по основным муниципальным образованиям Якутии за период 2010–2023 гг.

Dynamics of the volume of water intake from natural sources in the main municipalities of Yakutia for the period 2010–2023

Муниципальный округ	Абсолютный прирост, млн м ³		Темп прироста, %	
	2023 г. по сравнению с 2010 г.	в среднем за год	2023 г. по сравнению с 2010 г.	в среднем за год
Якутия	2,2	0,2	1,0	0,1
ГО Якутск	-9,8	-0,8	-26,3	-2,3
Нерюнгринский	-6,5	-0,5	-14,9	-1,1
Мирнинский	18,6	1,4	50,9	3,2
Алданский	-4,4	-0,3	-22,9	-2,0
Ленский	8,9	0,7	101,5	5,5

Источник: составлено по данным Экологического паспорта Республики Саха (Якутия). Режим доступа: <https://prirodayakutia.sakha.gov.ru/>

Source: compiled according to the Environmental Passport of the Republic of Sakha (Yakutia). Available at: <https://prirodayakutia.sakha.gov.ru/>

Таблица 2 / Table 2

Прогноз динамики объема забора воды из природных источников по основным муниципальным образованиям Якутии на 2025–2026 гг.

Forecast of the dynamics of water intake from natural sources in the main municipalities of Yakutia for 2025–2026

Муниципальный округ	Прогнозная модель	Прогнозные значения показателя, млн м ³	
		2025 г.	2026 г.
Якутия	$\bar{y}_t = \bar{y}$	217,3	217,3
ГО Якутск	$\bar{y}_t = y_t + \Delta_{2020–2023 гг.}$	27,4	27,3
Нерюнгринский	$\bar{y}_t = 130,24t^2 - 2369,5t + 49310$	44,7	46,7
Мирнинский	$\bar{y}_t = -29,22t^2 + 2571,3t + 26770$	60,4	62,0
Алданский	$\bar{y}_t = 41,949t^2 - 1004,7t + 20545$	15,2	15,6
Ленский	$\bar{y}_t = y_t + \Delta_{2016–2023 гг.}$	17,7	17,7

Перечень районов с крупнейшими объемами сброса сточных загрязненных вод практически не менялся с 2010 г., за исключением Усть-Майского района, доля которого выросла с 3,8 % в 2010 г. до 23,2 % в 2023 г., в том числе за счет деятельности золотодобывающих предприятий. Один только прирост сброса загрязненных вод в этом районе (16,3 млн м³ – **табл. 3**) сопоставим с общим объемом забора воды таких крупных районов, как Алданский или Ленский.

В целом за период с 2010 по 2023 г. объем сточных загрязненных вод снизился на 1,8 млн м³, что является положительной тенденцией в вопросе

сохранности водных ресурсов. Вместе с тем стоит отметить, что характер динамики был крайне неоднороден: за период с 2015 по 2017 г. сокращение объема составило 43,6 %, но, начиная с 2018 г., наблюдается устойчивый рост. При сохранении характера динамики последних лет объем сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты к 2026 г. достигнет 93,7 млн м³ (**табл. 4**). При этом характер динамики Усть-Майского района является крайне неустойчивым (периоды резкого падения сменяются ростом показателей), в результате чего выявление тренда по нему не представляется возможным.



Рис. 3. Динамика сброса сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты Якутии за период 2010–2023 гг.

Fig. 3. Dynamics of wastewater discharge of polluted waters into surface water bodies of Yakutia for the period 2010–2023

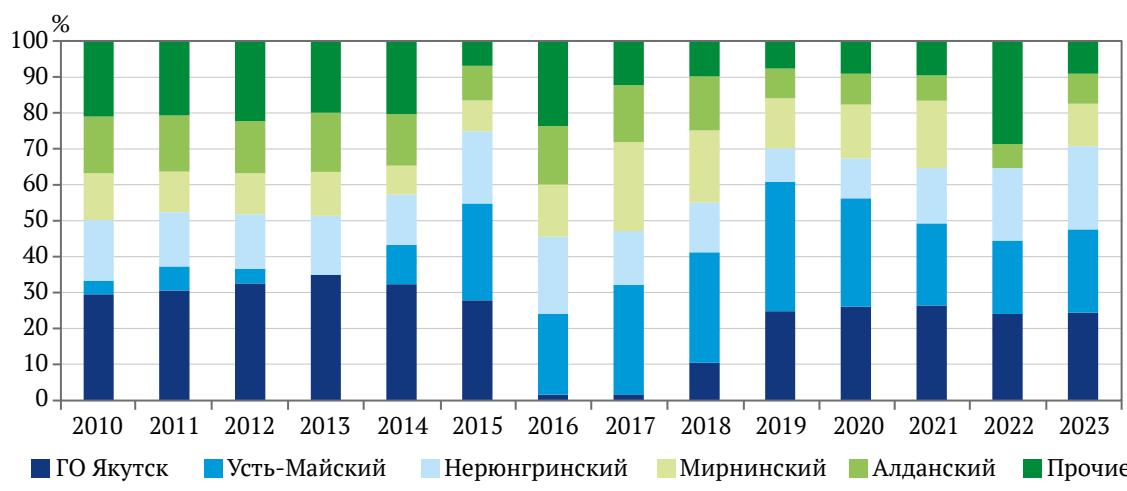


Рис. 4. Распределение сброса сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты в Якутии за период 2010–2023 гг.

Fig. 4. Distribution of wastewater discharge of polluted waters into surface water bodies in Yakutia for the period 2010–2023

Таблица 3 / Table 3

Объем сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты по основным муниципальным образованиям Якутии за период 2010–2023 гг.

Dynamics of the volume of wastewater polluted into surface water bodies in the main municipalities of Yakutia for the period 2010–2023

Муниципальный округ	Абсолютный прирост, млн м ³		Темп прироста, %	
	2023 г. по сравнению с 2010 г.	в среднем за год	2023 г. по сравнению с 2010 г.	в среднем за год
Якутия	-1,8	-0,1	2,1	-0,2
ГО Якутск	-4,8	-0,4	-19,0	-1,6
Нерюнгринский	4,9	0,4	34,1	2,3
Мирнинский	-1,2	-0,1	-10,9	-0,9
Алданский	-6,5	-0,5	-48,2	-4,9
Усть-Майский	16,3	1,3	505,2	14,9

Источник: составлено по данным Экологического паспорта Республики Саха (Якутия). Режим доступа: <https://prirodayakutia.sakha.gov.ru/>

Source: compiled according to the Environmental Passport of the Republic of Sakha (Yakutia). Available at: <https://prirodayakutia.sakha.gov.ru/>

Таблица 4 / Table 4

Прогноз динамики объема сточных загрязненных вод в поверхностные водные объекты по основным муниципальным образованиям Якутии на 2025–2026 гг.

Forecast of the dynamics of the volume of wastewater into surface water bodies in the main municipalities of Yakutia for 2025–2026

Муниципальный округ	Прогнозная модель	Прогнозные значения показателя, млн м ³	
		2025 г.	2026 г.
Якутия	$\bar{y}_t = y_t + \Delta_{2020-2023 \text{ гг.}}$	90,5	93,7
ГО Якутск	$\bar{y}_t = \bar{y}_{2019-2023 \text{ гг.}}$	20,0	20,0
Нерюнгринский	$\bar{y}_t = 2062,3t + 2976,2$	21,5	23,6
Мирнинский	$\bar{y}_t = -307,21t + 12293$	9,5	9,2
Алданский	$\bar{y}_t = 43,56t^2 - 1307,6t + 15678$	5,9	6,0

Рейтинг муниципальных районов по уровню эколого-экономического воздействия

Формирование системы показателей базируется на решении проблем точности, объективности, достоверности и доступности данных.

Информационная база построения интегрального показателя включает следующие показатели, характеризующие основные факторы воздействия на водные ресурсы (табл. 5):

– показатель водопотребления, представляющий собой соотношение величины объема потребления водных ресурсов и валовый региональный продукт (ВРП);

– показатель эффективности использования затрат на водоохраные мероприятия;

– показатель загрязнения – доля неочищенных сточных вод от общего объема сточных вод;

– показатель доступности водных ресурсов – отношение объема забранной воды к численности населения;

– показатель эффективности использования воды – отношение объема оборотной и повторно используемой воды к забору воды;

– коэффициент технических потерь воды;

– показатель качества воды.

Для агрегации этих показателей будет использован метод суммы мест:

$$\text{ИП}_{\text{вод}} = \sum a_i \cdot R_{ij},$$

где ИП_{вод} – это интегральный показатель воздействия на водные ресурсы; a_i – весовой коэффициент i -го показателя; R_{ij} – ранговое значение i -го показателя у j -го региона.

Таблица 5 / Table 5

Веса интегрального показателя воздействия на водные ресурсы, полученные методом экспертизы оценок

Weights of the integral indicator of the impact on water resources obtained by the method of expert assessment

Показатель	Значение веса
Водопотребление	0,123
Объем оборотной и повторно используемой воды в общем объеме забора воды	0,139
Доступность воды для населения	0,120
Доля неочищенных сточных вод от общего объема сточных вод	0,172
Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух	0,133
Технические потери воды	0,148
Эффективность затрат на водоохраные мероприятия	0,164

Таким образом, в общем виде интегральный показатель воздействия на водные ресурсы может быть представлен следующим образом:

$$\text{ИП}_{\text{вод}} = 0,172 R_{\text{нс}} + 0,164 R_{\text{зз}} + 0,148 R_{\text{пп}} + \\ + 0,139 R_{\text{ов}} + 0,133 R_{\text{зв}} + 0,123 R_{\text{вп}} + 0,120 R_{\text{дв}},$$

где $R_{\text{нс}}$ – ранг показателя доли неочищенных сточных вод от общего объема сточных вод; $R_{\text{зз}}$ – ранг показателя эффективности затрат на водоохраные мероприятия; $R_{\text{пп}}$ – ранг показателя технических потерь воды; $R_{\text{ов}}$ – ранг показателя объема оборотной и повторно используемой воды в общем объеме забора воды; $R_{\text{зв}}$ – ранг показателя объема выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух; $R_{\text{вп}}$ – ранг показателя водопотребления; $R_{\text{дв}}$ – ранг показателя доступности воды для населения.

Полученные значения интегрального показателя воздействия на водные ресурсы за период с 2010 по 2023 г. (табл. 6), позволили определить, что в 11 муниципальных районах наблюдается существенный рост значений. Так, в Верхоянском, Нижнеколымском, Оймяконском районе увеличение значений интегрального показателя составило более 30 %, что указывает на существенное снижение воздействия на водные ресурсы.

Таблица 6 / Table 6

Значения интегрального показателя воздействия на водные ресурсы муниципальных районов Якутии за 2010–2023 гг.

The values of the integral indicator of the impact on the water resources of Yakutia's municipalities for 2010–2023

Муниципальные районы	Значения интегрального показателя воздействия на водные ресурсы				Динамика изменения значений показателя в 2023 г. по сравнению с 2010 г., %
	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2023 г.	
Верхнеколымский	8,5	9,2	9,8	9,6	13,2
Булунский	7,9	8,0	8,7	9,5	20,5
Жиганский	8,1	8,0	7,0	8,1	-0,7
Верхоянский	6,2	7,0	7,1	8,1	30,7
Анабарский	6,3	5,5	6,1	8,1	28,9
Амгинский	7,7	7,6	7,8	8,0	3,7
Верхневилюйский	8,6	9,4	8,0	7,6	-11,9
Абыйский	6,8	6,6	6,7	7,0	1,8
Горный	6,0	5,5	5,9	6,7	11,9
Аллаиховский	5,9	5,3	6,0	6,3	6,6
Кобяйский	7,7	7,5	6,2	6,2	-19,4
Алданский	7,2	6,6	5,7	5,9	-18,6
Намский	6,3	5,0	4,9	5,7	-9,5
Нерюнгринский	6,0	6,0	6,7	5,4	-9,5
Нюрбинский	4,9	1,9	4,5	5,4	10,3
Среднеколымский	5,6	5,6	5,4	5,0	-12,0
ГО Якутск	4,5	4,9	4,9	4,9	8,8

Окончание табл. 6 / End of Table 6

Муниципальные районы	Значения интегрального показателя воздействия на водные ресурсы				Динамика изменения значений показателя в 2023 г. по сравнению с 2010 г., %
	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2023 г.	
Мирнинский	4,7	4,6	6,0	4,4	-6,4
Ленский	4,5	4,1	4,6	4,4	-1,7
Хангаласский	3,3	2,7	4,1	3,8	16
Нижнеколымский	2,8	6,8	3,1	3,7	34,5
Сунтарский	3,8	4,3	3,3	3,7	-3,0
Таттинский	4,2	4,0	3,8	3,5	-16,3
Усть-Янский	2,8	2,5	3,0	3,4	24
Оймяконский	2,3	2,7	2,9	3,2	38,2
Оленекский	3,1	3,6	2,9	2,9	-6,9
Томпонский	2,7	2,7	3,3	2,7	1,1
Момский	2,9	2,0	1,6	2,6	-11,2
Эвено-Бытантайский	2,8	2,5	2,4	2,5	-9,5
Вилюйский	3,9	3,6	2,7	2,5	-34,4
Усть-Майский	4,0	3,4	2,6	2,3	-41,1
Мегино-Кангалацкий	3,7	4,2	2,0	2,3	-37,7
Чурапчинский	2,0	1,5	2,8	2,3	13,2
Усть-Алданский	1,7	2,7	2,1	2,1	19,4
Олекминский	2,9	2,6	1,9	2,0	-30,9

Примечание: муниципальные районы расположены сверху вниз от наибольшего к наименьшему значению в рейтинге за 2023 год. Цветовое выделение так же соответствует значениям рейтинга от наибольшего (темный) к наименьшему (светлый).

Вместе с тем в 10 муниципальных районах напротив сформировалась негативная динамика снижения значений показателя и, как следствие, рост воздействия на водные ресурсы. В Вилюйском, Олекминском и Усть-Майском районе значения интегрального показателя сократились более чем на 30 %.

Однако более важной задачей является оценка продуктивности водных ресурсов при создании валового муниципального продукта. Для решения данной задачи рассчитан эколого-экономический интегральный показатель. В международной практике особое внимание уделяется оценке продуктивности природных ресурсов на основе показателя продуктивности водных ресурсов

$$РП_v = \frac{ВМП}{V_z},$$

где ВМП – валовый муниципальный продукт; V_z – объем забора воды из природных водных объектов.

В основу построения эколого-экономического интегрального показателя положена следующая система показателей:

1) показатели продуктивности водных ресурсов;

2) декаплинг⁶ экономического эффекта;

3) эколого-экономический декаплинг затрат на водоохраные мероприятия.

Трансформация значений исходных показателей будет осуществлена на основе методологического подхода шкалирования качественных показателей декаплинга (табл. 7, 8).

Для построения интегрального показателя экономического эффекта от водных ресурсов использован метод трансформированных значений системы показателей на основе средней гармонической

$$ИП_{99} = \prod x_{ij},$$

где ИП₉₉ – эколого-экономический интегральный показатель; x_{ij} – значение i -го показателя у j -региона.

Фактически при расчете интегрального показателя осуществлена его корректировка по показателям декаплинга, включенным в модель.

⁶ В аспекте водных ресурсов декаплинг означает разрыв связи между ростом давления на водные ресурсы и экономическими показателями. Каплинг означает взаимосвязь между давлением на водные ресурсы и экономическими показателями.

При построении интегрального показателя частные индикаторы не будут взвешиваться, что обусловлено теоретическими основами построения базовых показателей.

Таким образом, интегральный показатель экономического эффекта воздействия на водные ресурсы имеет следующий вид:

$$ИП_{\text{зз}} = \mathcal{E}_{\text{вп}} \cdot D_{\text{экон}} \cdot D_{\text{эколог}},$$

где ИП_{зз} – интегральный показатель эколого-экономического эффекта; $\mathcal{E}_{\text{вп}}$ – показатель продуктивности водных ресурсов; $D_{\text{ экон}}$ – шкалированное значение коэффициентов декаплинга экономического эффекта; $D_{\text{эколог}}$ – шкалированное значение коэффициентов эколого-экономического декаплинга затрат на водоохраные мероприятия.

Фактически при расчете интегрального показателя осуществляется корректировка показателя продуктивности водных ресурсов по показателям декаплинга, включенными в модель. При построении интегрального показателя частные индикаторы не взвешиваются, что обусловлено теоретическими основами построения базовых показателей.

По значениям интегрального показателя построен эколого-экономический рейтинг муниципальных районов Якутии (табл. 9).

Таблица 7 / Table 7

Классификация значений коэффициентов декаплинга экономического эффекта
Classification of values of economic effect decoupling coefficients

Вид декаплинга	Значение шкалы
Сильный экономический	4
Экономический	3
Экономический каплинг	2
Отсутствие эффекта декаплинга и каплинга	1

Таблица 8 / Table 8

Классификация значений коэффициентов эколого-экономического декаплинга затрат на водоохраные мероприятия

Classification of the coefficients of ecological and economic decoupling of costs for water protection measures

Вид декаплинга	Значение шкалы
Сильный	5
Умеренный	4
Рецессивный	3
Затратный каплинг	2
Отсутствие эффекта декаплинга и каплинга	1

Таблица 9 / Table 9

Результаты рейтингования муниципальных районов Якутии за 2011–2023 гг. по уровню эколого-экономического интегрального показателя

The results of the rating of municipalities of Yakutia for 2011, 2023 by the level of the ecologically economic integral indicator

Муниципальные районы	Значения эколого-экономического интегрального показателя				Динамика изменения значений показателя в 2023 г. по сравнению с 2011 г., %
	2011 г.	2015 г.	2020 г.	2023 г.	
Чурапчинский	81666,8	51779,4	50384,3	74390,5	-8,9
Томпонский	2882,3	2241,0	2670,7	70677,5	2352,1
Эвено-Бытантайский	27970,3	46021,6	63101,0	63871,9	128,4
Горный	9174,2	37674,7	51780,0	51226,1	458,4
Ленский	7973,3	9817,6	17750,4	41160,1	416,2
Вилюйский	18336,9	13625,3	26467,7	34825,5	89,9
Таттинский	16884,5	24447,4	36898,9	31322,2	85,5
Усть-Янский	298,5	1094,6	11921,9	29835,9	9896,1
Амгинский	10919,0	14825,3	20021,5	29341,7	168,7
Олекминский	3318,7	8147,2	39244,5	28500,3	758,8
Намский	10460,3	17678,9	25199,3	27514,7	163
Булунский	789,0	9319,6	4382,0	23223,1	2843,3
Усть-Майский	275,7	455,4	3807,0	20929,1	7491,4
Верхнеколымский	793,9	2214,5	2297,5	18524,8	2233,3
ГО Якутск	4073,5	9471,5	12305,0	16379,7	302,1

Окончание табл. 9 / End of Table 9

Муниципальные районы	Значения эколого-экономического интегрального показателя				Динамика изменения значений показателя в 2023 г. по сравнению с 2011 г., %
	2011 г.	2015 г.	2020 г.	2023 г.	
Кобяйский	2341,1	4367,5	13494,6	14141,1	504
Алданский	954,6	8897,6	23080,6	12156,6	1173,5
Момский	4531,3	6703,7	58587,3	11893,7	162,5
Мирнинский	9784,2	25244,7	7448,9	11764,2	20,2
Среднеколымский	4648,7	31013,8	54592,9	11318,3	143,5
Нерюнгринский	6230,7	8702,7	3240,7	11036,5	77,1
Сунтарский	45518,9	3214,9	9965,8	10931,5	-76,0
Оймяконский	1968,5	3081,5	4892,2	10371,1	426,8
Хангаласский	2783,3	4058,2	19440,9	7662,3	175,3
Нюрбинский	11926,3	10755,4	13503,0	7534,4	-36,8
Аллаиховский	1366,5	2769,5	3826,0	5131,4	275,5
Усть-Алданский	2134,6	2267,3	5489,1	4391,8	105,7
Нижнеколымский	1023,8	2351,3	13371,2	3815,2	272,6
Жиганский	1743,9	8073,0	11873,3	3535,6	102,7
Верхоянский	494,3	5093,0	1943,2	2643,0	434,7
Верхневилюйский	2294,5	3976,0	1899,7	2288,0	-0,3
Оленекский	10434,0	6480,2	4091,5	2056,1	-80,3
Анабарский	19788,7	6656,1	4517,8	1972,7	-90,0
Абыйский	451,0	888,2	5114,0	1578,5	250

Примечание: муниципальные районы расположены сверху вниз от наибольшего к наименьшему значению в рейтинге за 2023 год. Цветовое выделение так же соответствует значениям рейтинга от наибольшего (темный) к наименьшему (светлый).

Сравнение полученных результатов рейтингования муниципальных районов за 2011 и 2023 гг. показывает, что уровень эколого-экономического воздействия на водные ресурсы в муниципальных образованиях Якутии достаточно неустойчив. Так, стабильно низкий уровень воздействия наблюдается в Чурапчинском и Эвено-Бытантайском районах. В то же время в большинстве остальных районов фиксировались сильные колебания значений. К примеру, Анабарский район в 2011 г. занимал 4-е место в рейтинге, а в 2023 г. переместился на предпоследнее место.

Заключение

Проведенное исследование подчеркивает острую необходимость в разработке и внедрении современных инструментов экосистемного менеджмента для устойчивого управления водными ресурсами на северных территориях России, в частности, в Якутии. Результаты анализа показали, что активное промышленное освоение в этих регионах приводит к росту воздействия на

водные ресурсы, что требует внимательного мониторинга и оценки последних с использованием математико-статистических моделей.

Построенный рейтинг муниципальных районов по уровню эколого-экономического эффекта иллюстрирует, что низкие позиции в нем занимают, как правило, те районы, в которых ведется наиболее высокая экономическая активность. Это означает, что, несмотря на наличие современных технологий по снижению экологического ущерба, динамика промышленного производства до сих пор напрямую коррелирует с динамикой экологического загрязнения.

Эти результаты подтверждают, что необходимо ввести комплексный мониторинг эколого-экономических показателей, а также разработать стратегические инициативы, направленные на стабилизацию районов с высоким воздействием на водные ресурсы. Разработанная методология оценки эколого-экономического воздействия может быть использована государственными органами или бизнес-структурами для мониторинга состояния водных ресурсов.

Список литературы / References

1. Лаженцев В.Н. Перемены в минерально-сырьевой экономике Севера России. *Проблемы прогнозирования*. 2024;(1):208–216. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-202-208-216>
Lazhentsev V.N. Changes in the mineral resources economy of the Russian North. *Studies on Russian Economic Development*. 2024;35(1):144–149. <https://doi.org/10.1134/S1075700724010088>
2. Слепцова М.И. Роль углеводородов в Якутии. В: Сб. трудов III Всеросс. конф., посвященной 25-летию Института проблем нефти и газа СО РАН «Физико-технические проблемы добычи, транспорта и переработки органического сырья в условиях холодного климата». Якутск, 10–13 сентября 2024 г. Кирова: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании; 2024. С. 103–107.
3. Крюков Я.В. Направления трансформации ресурсного сектора Республики Саха (Якутия) в новейших условиях. *Экономика и природопользование на Севере*. 2023;(2):7–16. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2023.77.53.001>
Kryukov Ya.V. Directions of transformation of the resource sector of the Republic of Sakha (Yakutia) in the latest conditions. *Economy and Nature Management in the North*. 2023;(2):7–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.25587/SVFU.2023.77.53.001>
4. Никифорова В.В. Оценка потенциала устойчивого развития добывающей промышленности северных регионов ресурсного типа. *Арктика XXI век. Гуманитарные науки*. 2022;(4):57–76. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2022.35.20.005>
Nikiforova V.V. Assessment of the potential for sustainable development of the extractive industry of the northern resource-type regions. *Arctic XXI Century*. 2022;(4):57–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.25587/SVFU.2022.35.20.005>
5. Батутина Н.С., Барашкова А.С., Гуляев П.В., Григорьева Е.Э., Делахова А.М., Егоров Н.Е., Егорова Т.П., Ковров Г.С., Кондратьева В.И., Константинов Н.Н., Крюков Я.В., Никифорова В.В., Тарасова-Сивцева О.М., Яценко В.А. Устойчивость пространственной организации социально-экономических систем северных регионов ресурсного типа. Под общ. ред. В.В. Никифоровой. Якутск: Издательский дом СВФУ; 2022. 298 с.
6. Бурцева Е.И., Слепцов А.Н., Бысина А.Н. Промышленное освоение территорий Арктической зоны Якутии и этнологическая экспертиза инвестиционных проектов. *Арктика и Север*. 2023;(51):52–72. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2023.51.52>
Burtseva E.I., Sleptsov A.N., Bysina A.N. Industrial development of the territories of the Arctic zone of Yakutia and ethnological expertise of investment projects. *Arctic and North*. 2023;(51):52–72. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2023.51.52>
7. Присяжный М.Ю. Территориальный анализ промышленного освоения Якутии. *Экономика региона*. 2011;(3):241.
Prysyazhny M.Y. Regional analysis of the industrial development of Yakutia. *Ekonomika regiona = Economy of Regions*. 2011;(3):241. (In Russ.)
8. Гончаров М.С., Савон Д.Ю., Сафонов А.Е., Ряднов В.И. Угольная промышленность районов Крайнего Севера: специфические особенности, текущее положение и концепция развития. *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2023;26(1(79)):95–107. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.1.2023.79.006>
Goncharov M.S., Savon D.Yu., Safronov A.E., Ryadnov V.I. The coal industry in the far north: specific features, current situation, and development concept. *Sever i rynok: formirovanie ekonomicheskogo poryadka*. 2023;26(1(79)):95–107. (In Russ.). <https://doi.org/10.37614/2220-802X.1.2023.79.006>
9. Красноштанова Н.Е. Особенности административного управления в районах нового промышленного освоения Севера: проблемы и преимущества социально-экономического развития. *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2022;25(2(76)):82–96. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2022.76.007>
Krasnoshtanova N.E. Features of administrative management in areas of new industrial development in the North: Problems and advantages of socioeconomic development. *Sever i rynok: formirovanie ekonomicheskogo poryadka*. 2022;(2):82–96. (In Russ.) <https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2022.76.007>
10. Файков Д.Ю., Файкова Е.Д. Особенности социально-экономического развития территорий в зоне Северного морского пути в логике реализуемых инвестиционных и инфраструктурных проектов. *Экономика, предпринимательство и право*. 2021;11(4):875–894. <https://doi.org/10.18334/epp.11.4.111916>
Faykov D.Yu., Faykova E.D. Particularities of socio-economic development of territories in the Northern sea route zone in the logic of implemented investment and infrastructure projects. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*. 2021;11(4):875–894. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/epp.11.4.111916>
11. Armstrong T., Rogers G., Rowley G. *The Circumpolar North: a Political and Economic Geography of the Arctic and Sub-Arctic*. Routledge; 2023. 326 p.
12. Hall R. Indigenous/state relations and the “Making” of surplus populations in the mixed economy of Northern Canada. *Geoforum*. 2021;126(1):461–470. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.01.013>
13. Kingsbury D., Wilkinson A. ‘We are a mining region’: lithium frontiers and extractivism in Abitibi-Témiscamingue, Canada. *The Extractive Industries and Society*. 2023;15(21):101330. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101330>

14. Антонова Н.Е., Ломакина Н.В., Файман А.Д. *Природно-ресурсный сектор Дальнего Востока России: «проклятие» или локомотив развития?* Под ред. Н.В. Гальцевой Хабаровск: Институт экономических исследований Дальневосточного отделения РАН; 2022. 336 с.
15. Крюков В.А., Крюков Я.В. Подходы к освоению минерально-сырьевых ресурсов Сибири и Дальнего Востока в контексте современных геополитических процессов. *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление.* 2023;(2):44–51. Режим доступа: https://www.lawtek.ru/analytics/2329/podkhody_k_osvoyeniyu_mineralno_syryevykh_resursov_sibiri_i_dalnego_vostoka_v_kontekste Sovremennykh_geopoliticheskikh_protsessov
Kryukov V.A., Kryukov Ya.V. Approaches to the development of mineral resources in Siberia and the Far East in the context of modern geopolitical processes. *Mineral'nye resursy Rossii. Ehkonomika i upravlenie.* 2023;(2):44–51. (In Russ.). Available at: https://www.lawtek.ru/analytics/2329/podkhody_k_osvoyeniyu_mineralno_syryevykh_resursov_sibiri_i_dalnego_vostoka_v_kontekste Sovremennykh_geopoliticheskikh_protsessov
16. Садыков Д.Р. Типология институциональных факторов, оказывающих влияние на развитие экономики северных регионов. *Московский экономический журнал.* 2024;9(5):705–725. https://doi.org/10.55186/2413046X_2024_9_5_276
Sadykov D.R. Typology of institutional factors influencing the development of the economy of the Northern regions. *Moscow Economic Journal.* 2024;9(5):705–725. (In Russ.). https://doi.org/10.55186/2413046X_2024_9_5_276
17. Калашников В.В., Ковалёв Л.Н. Геологические работы в Республике Саха (Якутия) за 100 лет. *Руды и металлы.* 2022;(2):6–24. <https://doi.org/10.47765/0869-5997-2022-10007>
Kalashnikov V.V., Kovalev L.N. Geological work in the Republic of Sakha (Yakutia) over 100 years. *Rudy i metally = Ores and Metals.* 2022;(2):6–24. (In Russ.). <https://doi.org/10.47765/0869-5997-2022-10007>
18. Батугина Н. С., Хоютанов Е.А. Обоснование подхода к освоению месторождений угля в труднодоступных районах Арктической зоны Якутии. *Горная промышленность.* 2025;(1):148–153. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1-148-153>
Batuagina N.S., Khojutanov E.A. Justification of an approach to coal mining in hard-to-reach areas of the Arctic zone of Yakutia. *Russian Mining Industry.* 2025;(1):148–153. (In Russ.). <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1-148-153>
19. Гладкевич Г.И., Сулейменов Р.К. Оптимизация транспортного освоения территории Республики Саха (Якутия). *Вестник Московского университета. Серия 5. География.* 2021;(2):67–81.
Gladkevich G.I., Suleimenov R.K. Optimization of transport development of the Republic of Sakha (Yakutia) territory. *Lomonosov Geography Journal.* 2021;(2):67–81. (In Russ.)
20. Волотковская Н.С., Семёнов А.С., Бебихов Ю.В., Шевчук В.А., Федоров О.В. Перспективы развития энергетического комплекса Северо-Востока России. *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики.* 2021;23(3):58–69. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2021-23-3-58-69>
Volotkovskaya N.S., Semenov A.S., Bebihov Y.V., Shevchuk V.A., Fedorov O.V. Prospects for the development of the energy complex of the North-East of Russia. *Power Engineering: Research, Equipment, Technology.* 2021;23(3):58–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2021-23-3-58-69>
21. Константинов Н.Н. Прогноз и перспективы развития добычи полезных ископаемых западной экономической зоны Республики Саха (Якутия). *Экономика: вчера, сегодня, завтра.* 2021;11(11-1):369–377. Режим доступа: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2021-11/40-konstantinov.pdf> (дата обращения: 15.06.2025)
Konstantinov N.N. Forecast and Prospects for the development of mineral resources in the Western economic zone of the Republic of Sakha (Yakutia). *Ehkonomika: vchera, segodnya, zavtra.* 2021;11(11-1):369–377. (In Russ.). Available from: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2021-11/40-konstantinov.pdf> (accessed on 15.06.2025)
22. Крюков В.А., Крюков Я.В. Неоиндустриализация – к «новой геометрии» экономических пространственных взаимодействий. *Пространственная экономика.* 2024;20(3):7–38. <https://doi.org/10.14530/se.2024.3.007-038>
Kryukov V.A., Kryukov Y.V. Neo-industrialization – towards a ‘New Geometry’ of economic spatial interactions. *Spatial Economics.* 2024;20(3):7–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.14530/se.2024.3.007-038>

Информацию об авторах

Сергей Михайлович Никоноров – д-р экон. наук, профессор, экономический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 46, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8205-2140>; e-mail: nico.73@mail.ru

Information about the authors

Sergey M. Nikonorov – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, 1-46 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8205-2140>; e-mail: nico.73@mail.ru

Ангелина Игоревна Егорова – старший научный сотрудник, экономический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 46, Российская Федерация; Институт региональной экономики Севера, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, 677018, Якутск, ул. Строителей, д. 8, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7675-4680>; e-mail:.snp077@yandex.ru

Елена Эдуардовна Григорьева – канд. экон. наук, ведущий научный сотрудник, Институт региональной экономики Севера, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, 677018, Якутск, ул. Строителей, д. 8, Российская Федерация; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9801-7238>; e-mail: elena.grigoreva80@mail.ru

Angelina I. Egorova – Senior Researcher, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, 1/46 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation; Institute of Regional Economics, North of the Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, 8 Stroiteley Str., Yakutsk 677018, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7675-4680>; e-mail:.snp077@yandex.ru

Elena E. Grigorieva – PhD (Econ.), Leading Researcher, Institute of Regional Economics, North of the Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, 8 Stroiteley Str., Yakutsk 677018, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9801-7238>; e-mail: elena.grigoreva80@mail.ru

Поступила в редакцию **05.08.2025**; поступила после доработки **30.11.2025**; принятa к публикации **04.12.2025**

Received **05.08.2025**; Revised **30.11.2025**; Accepted **04.12.2025**