

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ В ВОСТОЧНЫХ РЕГИОНАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Б. Г. Санеев, И. Ю. Иванова, А. Г. Корнеев

Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева

Сибирского отделения РАН

(Иркутск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 20 сентября 2019 г.

Рассматриваются потенциальные приоритетные проекты освоения месторождений минерально-сырьевых ресурсов в арктических районах Красноярского края, Республики Саха (Якутия), Чукотского автономного округа, связанные с добычей и переработкой полезных ископаемых, востребованных на внутреннем и внешнем рынках. Особое внимание уделено оценке потребности данных проектов в электроэнергии с целью определения перспективных электрических нагрузок. При проведении исследований использовался нормативный метод оценки электропотребления, учитывающий технологии добычи и переработки сырья с учетом арктических условий. В дальнейшем результаты исследований будут использоваться для выявления в восточной части Арктической зоны Российской Федерации узлов концентрации нагрузок и обоснования рациональных схем электроснабжения новых производств.

Ключевые слова: восточные регионы России, Арктическая зона Российской Федерации, освоение минерально-сырьевых ресурсов, электропотребление, нормативный метод, электрические нагрузки.

Введение

Хозяйственное освоение Арктики в силу ее природно-климатических, географических, социально-экономических, демографических, геополитических и экологических особенностей должно осуществляться в рамках обоснованной политики государства и при непосредственном его участии. В настоящее время существует ряд стратегий и программ по разным направлениям развития Арктики, среди которых базовым документом является государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2025 года», утвержденная постановлением Правительства РФ от 31 августа 2017 г. № 1064. В ней сформулированы цели, задачи и принципы освоения Арктики и обозначены уровни государственной финансовой поддержки. Главными задачами программы являются: повышение инвестиционной активности на территории Арктической зоны

Российской Федерации (АЗРФ); обеспечение реализации проектов хозяйственного освоения арктических территорий; обеспечение реализации проектов по развитию транспортной, энергетической и иной инфраструктуры, необходимой для формирования и функционирования новых промышленно-хозяйственных узлов с учетом социально-экономического положения коренного населения и экологических требований [1].

Масштабное освоение минерально-сырьевых ресурсов в экстремальных условиях восточных регионов АЗРФ потребует внедрения современных средств и технологий извлечения и переработки ресурсов, обеспечивающих минимальную трудоемкость и энергоемкость производств.

Своевременное электроснабжение развивающейся производственной базы в восточной части АЗРФ является важнейшей инфраструктурной задачей. Экономическое развитие в Арктической зоне происходило и будет происходить в дальнейшем в основном за счет освоения отдельных эффективных и конкурентоспособных по выпускаемой продукции

как для внутреннего, так и внешнего рынков минерально-сырьевых месторождений. Являясь, как правило, крупными и электроемкими проектами, они потребуют создания новых электрогенерирующих установок значительной мощности и формирования рациональных схем электроснабжения производств.

В отделе комплексных и региональных проблем энергетики Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения РАН в течение многих лет ведутся исследования по обоснованию рациональных вариантов развития систем энерго- и топливоснабжения потребителей, расположенных на северных и арктических территориях восточных регионов России. Для этих целей разработаны методический подход и модельный инструментарий, описание и основные принципы которых даны в [2—4]. Результаты исследований вошли составной частью в разработанные отделом стратегии развития энергетики Республики Саха (Якутия) и Чукотского автономного округа. В настоящее время авторы являются исполнителями проекта «Комплексная оценка схем энергоснабжения при освоении месторождений минерально-сырьевых ресурсов в восточном арктическом секторе Российской Федерации» в рамках программы фундаментальных исследований Сибирского отделения РАН. Предметом данной статьи являются результаты начального этапа исследований — уточнения потребности в электроэнергии и электрических нагрузок потенциальных предприятий по освоению месторождений минерально-сырьевых ресурсов в восточных регионах АЗРФ. Выполненные во время разработки энергостратегий оценки электропотребления актуализированы исходя из уточненных на настоящий момент параметров проектов.

Оценка уровней электропотребления и электрических нагрузок

Для уточнения перспективных уровней электропотребления и электрических нагрузок проектов освоения минерально-сырьевых ресурсов восточной Арктики, включающей арктические территории Красноярского края, Республики Саха (Якутия) и Чукотского автономного округа, из числа возможных выбирались приоритетные проекты, которые обладают следующими характеристиками:

- высокой степенью разведанности запасов полезных ископаемых и их постановкой на государственный баланс;
- наличием у инвесторов проектов лицензий на разработку месторождений;
- наличием у обладателей лицензий инвестиционных заделов: технико-экономических обоснований, бизнес-планов и проектно-технической документации; наличием и освоением производственных площадок, связанных с инвестированием в социальную и производственную инфраструктуры и непосредственно в основное производство [5—9; 11—14; 17—20].

В основу оценок электропотребления и электрических нагрузок положен нормативный метод, учитывающий технологии добычи и переработки сырья, необходимые объекты вспомогательной инфраструктуры. Потребность в электроэнергии определялась по каждому проекту с комплексным охватом всех потребителей энергии — основного производства, производственной инфраструктуры, связанной с основным производством, социальной инфраструктуры с учетом численности занятых на основном производстве и в обслуживающих секторах. Использовались также экспертные оценки авторов по аналогичным проектам с учетом арктических условий.

На рис. 1 представлены проектные объемы добычи минерально-сырьевых ресурсов рассматриваемых проектов. Далее более подробно приведена динамика выхода на проектную мощность и соответствующие уровни электропотребления и оценки электрических нагрузок каждого проекта по опорным арктическим зонам восточных регионов.

Таймыро-Туруханская опорная зона. В этой зоне рассматривались три приоритетных инвестиционных проекта, предусматривающих освоение:

- месторождений редкоземельных металлов Черногорское и Норильск-1;
- Сузунского, Тагульского и Лодочного нефтегазовых месторождений Ванкорской площади;
- месторождения коксующихся углей Река Малая Лемберова.

Наиболее электроемким на территории Таймыро-Туруханской зоны является проект освоения месторождений Черногорское и Норильск-1. Он предусматривает добычу и переработку руды на новом горно-металлургическом комбинате (ГМК) с выходом готовой продукции: платины, никеля, меди, кобальта и др. Технология подобных производств хорошо отработана у собственника данных месторождений — ПАО «ГМК «Норильский никель»», который производит редкоземельные металлы на Кольском ГМК. Показатели компании по электропотреблению могут служить ориентиром для оценки потребности в электроэнергии по проекту освоения месторождений Черногорское и Норильск-1 [10].

В соответствии с объемами производства продукции потребность в электроэнергии при освоении месторождений Черногорское и Норильск-1 может составить в 2025 г. 600 млн кВт·ч и возрасти до 1350 млн кВт·ч к 2030 г., а максимальная электрическая нагрузка — соответственно до 90 МВт и 200 МВт (табл. 1).

В целом электропотребление по рассматриваемым трем приоритетным проектам Таймыро-Туруханской опорной зоны оценивается к 2025 г. в 1460 млн кВт·ч, к 2030 г. — в 3220 млн кВт·ч, электрические нагрузки к 2025 г. — в 199 МВт, к 2030 г. — в 432 МВт.

Северо-Якутская опорная зона. В этой зоне рассматривались четыре приоритетных инвестиционных проекта, предусматривающих освоение:

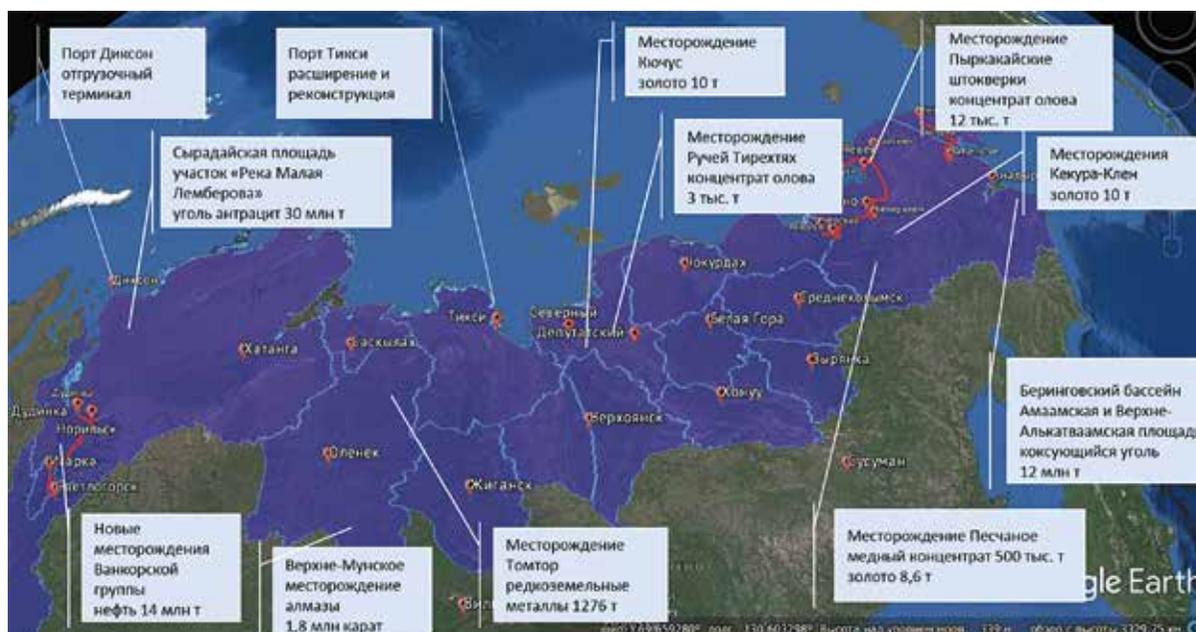


Рис. 1. Потенциальные проекты освоения минеральных ресурсов восточной Арктической зоны
 Fig. 1. Potential projects for the development of mineral resources in the eastern Arctic zone

Таблица 1. Расчетные показатели электропотребления и электрических нагрузок по новым проектам Таймыро-Туруханской опорной зоны

Проект	Единица измерения	Год			
		2020	2025	2030	2035
1. Освоение месторождений редкоземельных металлов Черногорское и Норильск-1 — производство платины, никеля, меди, кобальта и др.:	тыс. т		20	45	45
электропотребление	млн кВт·ч		600	1350	1350
максимальная нагрузка	МВт		90	200	200
2. Освоение Сузунского, Тагульского и Лодочного нефтегазовых месторождений Ванкорской площади — добыча нефти:	млн т		4,5	14	14
электропотребление	млн кВт·ч		360	1120	1120
максимальная нагрузка	МВт		42	132	132
3. Разработка месторождения коксующихся углей Рена Малая Лемберова — добыча угля:	млн т	5	20	30	30
электропотребление	млн кВт·ч	125	500	750	750
максимальная нагрузка	МВт	17	67	100	100
Итого по зоне:					
электропотребление	млн кВт·ч	125	1460	3220	3220
максимальная нагрузка	МВт	17	199	432	432

Источники: [14—16], экспертные оценки авторов.

Таблица 2. Расчетные показатели электропотребления и электрических нагрузок по новым проектам Северо-Якутской опорной зоны

Проект	Единица измерения	2020	2025	2030	2035
1. Освоение Томторского месторождения редкоземельных металлов — добыча руды и ее подготовка к транспортировке:	тыс. т		200	300	500
электропотребление	млн кВт·ч		30	45	75
максимальная нагрузка	МВт		7	10	17
2. Освоение месторождения россыпного олова Ручей Тирехтях — производство олова (концентрат):	млн т		1,5	3	3
электропотребление	млн кВт·ч		60	120	120
максимальная нагрузка	МВт		8	17	17
3. Разработка Верхне-Мунского месторождения алмазов — добыча и переработка руды:	млн т	1	3	3	3
электропотребление	млн кВт·ч	40	125	125	125
максимальная нагрузка	МВт	8	25	25	25
4. Освоение месторождения рудного золота Кючус — добыча золота:	т		10	10	10
электропотребление	млн кВт·ч		185	185	185
максимальная нагрузка	МВт		26	26	26
<i>Итого по зоне:</i>					
электропотребление	млн кВт·ч	40	400	475	505
максимальная нагрузка	МВт	8	66	78	85

Источники: [14—25], экспертные оценки авторов.

- Томторского месторождения редкоземельных металлов;
- месторождения россыпного олова Ручей Тирехтях;
- Верхне-Мунского месторождения алмазов;
- месторождения рудного золота Кючус.

Перспективные производства перечисленных месторождений на территории Северо-Якутской опорной зоны являются не столь электроемкими. Максимальные перспективные нагрузки лежат в диапазоне 17—26 МВт (табл. 2).

Наиболее электроемким из них является проект освоения рудного золота Кючус с электропотреблением 185 млн кВт·ч в год и нагрузкой 26 МВт.

Проект разработки Томторского месторождения редкоземельных металлов имеет ряд особенностей и весьма сложную транспортную схему перевозки добываемой руды. Технологическая система горнодобывающего предприятия будет связана с добычей руды открытым способом и ее подготовкой к транспортировке на горно-обогатительном комбинате (ГОК), включающей сушку горной породы

до влажности 5%, очистку от пустой породы, дробление и др. [14; 17; 18]. Предлагается несколько транспортных схем перевозки руды к предполагаемым пунктам переработки (Краснокаменск Забайкальского края, Ангарск Иркутской области, Северск Томской области, Зеленогорск Красноярского края и др.) [19]. Однако компания ООО «Восток Инжиниринг», владеющая лицензией на разработку Томторского месторождения, в качестве основного маршрута, несмотря на его большую протяженность, по экологическим и экономическим соображениям рассматривает транспортировку руды от месторождения в специальных контейнерах по автозимнику до порта Хатанга (по территории Республики Саха (Якутия) 186 км и по территории Красноярского края 414 км). Из порта руда будет перевозиться судоходным транспортом до Архангельска по Северному морскому пути и далее железнодорожным транспортом до Краснокаменска Забайкальского края, где планируется построить завод для полной переработки руды [20; 21].

Таблица 3. Расчетные показатели электропотребления и электрических нагрузок по новым проектам Чукотской опорной зоны

Проект	Единица измерения	2020	2025	2030	2035
1. Освоение месторождений рудного золота Кекура-Клен — добыча золота:	т		5	7	10
электропотребление	млн кВт·ч		100	140	200
максимальная нагрузка	МВт		15	22	30
2. Освоение месторождения меди Песчанка — производство медного концентрата:	тыс. т		300	500	500
электропотребление	млн кВт·ч		1050	1540	1540
максимальная нагрузка	МВт		140	205	205
3. Разработка олововольфрамового месторождения Пыркакайские штокверки открытым способом — производство олова (концентрат):	тыс. т		11	11	11
электропотребление	млн кВт·ч		180	180	180
максимальная нагрузка	МВт		24	24	24
4. Освоение Амаамского (7 млн т) и Алькатваамского (5 млн т) месторождений Беринговского угольного бассейна открытым способом — добыча коксующегося угля:	млн т	1,5	7	12	12
электропотребление		45	210	360	360
максимальная нагрузка	МВт	6	30	50	50
<i>Итого по зоне:</i>					
электропотребление	млн кВт·ч	45	1540	2220	2280
максимальная нагрузка	МВт	6	209	301	309

Источники: [12—13; 24—26], экспертные оценки авторов.

Электропотребление, непосредственно связанное с добычей и первичной переработкой руды на Томторском месторождении, оценивается в 30 млн кВт·ч к 2025 г. с дальнейшим увеличением до 75 млн кВт·ч к 2035 г. При этом электрическая нагрузка составит соответственно 7 МВт и 17 МВт.

Суммарное электропотребление по новым проектам Северо-Якутской опорной зоны в 2025 г. оценивается в 400 млн кВт·ч, в 2035 г. — в 505 млн кВт·ч, электрические нагрузки — в 66 МВт и 84 МВт соответственно.

Чукотская опорная зона. В этой зоне рассматриваются четыре приоритетных инвестиционных проекта, предусматривающих освоение:

- месторождения рудного золота Кекура-Клен;
- месторождения меди Песчанка;
- олововольфрамового месторождения Пыркакайские штокверки;
- Амаамского и Алькатваамского месторождений коксующегося угля Беринговского угольного бассейна.

Одним из крупнейших и электроемких проектов Чукотской арктической зоны является разработка месторождения меди Песчанка. Оно ориентировано на получение к 2030 г. до 500 тыс. т медного концентрата в год с годовым электропотреблением в объеме 1540 млн кВт·ч и максимумом нагрузки 205 МВт (табл. 3).

Достаточно электроемким является и проект освоения Амаамского и Алькатваамского месторождений Беринговского угольного бассейна открытым способом с получением коксующегося угля. Потребность в электроэнергии этого проекта при выходе на проектную мощность оценивается в 360 млн кВт·ч в год при максимальной нагрузке 50 МВт.

Реализация проекта разработки олововольфрамового месторождения Пыркакайские штокверки в настоящее время временно приостановлена из-за отсутствия инвестора [24]. Потребность этого проекта по действующим в стране аналогам [16; 27—29] составит 180 млн кВт·ч с максимальной нагрузкой 24 МВт.

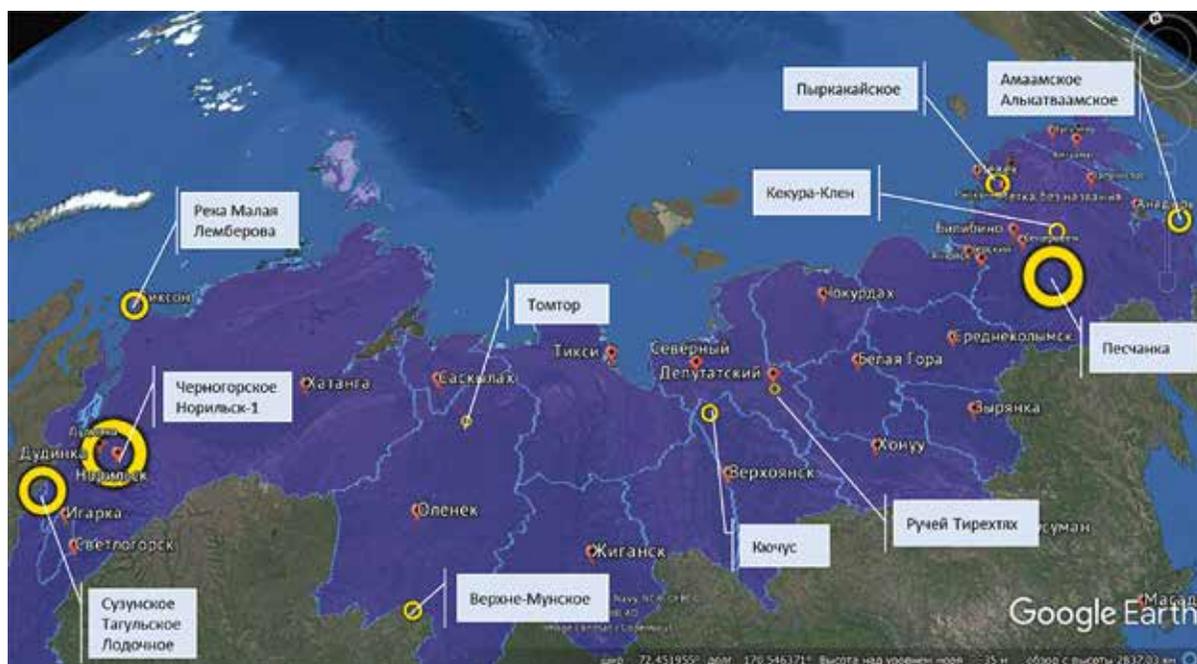


Рис. 2. Распределение перспективных электрических нагрузок на территории восточной части Арктической зоны России
Fig. 2. Distribution of prospective electrical loads in the eastern part of the Russian Arctic zone

Суммарное электропотребление по новым проектам Чукотской арктической зоны оценивается в 1540 млн кВт·ч к 2025 г. и 2280 млн кВт·ч к 2035 г.; суммарная максимальная нагрузка — соответственно в 209 МВт и 309 МВт.

Результаты исследования

Реализация приоритетных проектов по освоению минерально-сырьевых ресурсов в восточных регионах Арктической зоны России потребует создания значительных объемов новых электроэнергетических мощностей. Суммарное электропотребление новых проектов оценивается уже к 2030 г. в 6 млрд кВт·ч, более 50% из которых приходится на Таймыро-Туруханскую опорную арктическую зону, около 38% — на Чукотскую (табл. 4).

Суммарная электрическая нагрузка новых предприятий по освоению минерально-сырьевых ресурсов в восточной части АЗРФ составит к 2025 г. 474 МВт с увеличением к 2035 г. до 826 МВт (табл. 5). Распределение нагрузки по территории восточного арктического сектора России представлено на рис. 2.

Наибольший прирост электропотребления ожидается в Таймыро-Туруханской опорной зоне при освоении месторождений редкоземельных металлов Черногорское и Норильск-1 (максимальная нагрузка 200 МВт), а также Сузунского, Тагульского и Лодочного нефтегазовых месторождений (132 МВт) Ванкорской площади. Сопоставимым с этими проектами по электрическим нагрузкам является проект освоения медного месторождения Песчанка (205 МВт) на территории Чукотской опорной зоны.

Таблица 4. Суммарное электропотребление новых проектов восточной Арктической зоны России, млн кВт·ч

Опорная арктическая зона	2020	2025	2030	2035
Таймыро-Туруханская	125	1460	3220	3220
Северо-Якутская	40	400	475	505
Чукотская	45	1540	2220	2280
Итого	210	3400	5915	6005

Таблица 5. Суммарные электрические нагрузки новых проектов восточной Арктической зоны России, МВт

Опорная арктическая зона	2020	2025	2030	2035
Таймыро-Туруханская	17	199	432	432
Северо-Якутская	8	66	78	85
Чукотская	6	209	301	309
Итого	31	474	811	826

Для реализации наиболее электроемких проектов (100—200 МВт) потребуется развитие генерирующих мощностей и электросетевой инфраструктуры функционирующих энергоузлов восточной части АЗРФ: Норильского, Ванкорского, Чаун-Би-

либинского. Подключение к энергоузлам менее электроемких новых производств (20—30 МВт) возможно при условии расположения в непосредственной близости от центров питания. Проекты на территории Северо-Якутской опорной зоны могут быть ориентированы только на автономное электроснабжение.

При этом проекты добычи топливных ресурсов будут использовать собственные ресурсы для энергоснабжения производства. А для обеспечения эффективности проектов освоения месторождений металлических руд возникает задача выбора рационального варианта топливоснабжения автономных электростанций.

Заключение

Реализация приоритетных проектов по освоению минерально-сырьевых ресурсов в восточных регионах АЗРФ будет способствовать повышению темпов экономического развития субъектов России, включающих арктические территории, и страны в целом. На сегодня серьезным ограничением для решения этой задачи является практическое отсутствие необходимой производственной инфраструктуры, в первую очередь электрогенерирующих мощностей, потребность в которых по оценкам может составить на уровне 2025 г. около 474 МВт и 826 МВт в 2035 г. с объемом производства электроэнергии до 6 млрд кВт·ч. С учетом изолированности восточных арктических территорий от Единой электроэнергетической системы Российской Федерации важнейшей задачей становится обоснование рациональных схем электроснабжения арктических проектов.

Работа выполнена в рамках проекта государственного задания XI.174.2.3 (регистрационный № АААА-А17-117030310439-8) фундаментальных исследований СО РАН.

Авторы благодарят научного сотрудника лаборатории информационных технологий Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН кандидата технических наук Р. А. Иванова за выполненные рисунки.

Литература

1. Постановление Правительства РФ «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2014 г. № 366» от 31 августа 2017 г. № 1064. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71662010/>.
2. Ivanova I. Y. Significant factors affecting the selection of rational options for power supply in an off-grid zone // E3S Web of Conferences. — 2019. — Vol. 77. — ID: 02006. — DOI: 10.1051/e3sconf/20197702006.
3. Санеев Б. Г., Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф., Ижбулдин А. К. Автономные энергоисточники на севере Дальнего Востока: характеристика и направления диверсификации // *Пространств. экономика*. —

2018. — № 1. — С. 101—116. — DOI: 10.14530/se.2018.1.101-116.
4. Санеев Б. Г., Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф. Проблемы энергетики восточной зоны российской Арктики и возможные пути решения // *Энергет. политика*. — 2018. — № 4. — С. 80—87.
5. Афанасьев С. М., Гассий В. В., Потравный И. М. Территории традиционного природопользования: ограничения развития или факторы экономического роста? // *Арктика: экология и экономика*. — 2017. — № 2 (26). — С. 4—16. — DOI: 10.25283/2223-4594-2017-2-4-16.
6. Самсонов Н. Ю., Крюков Я. В., Яценко В. А. Горно-рудные проекты восточной части российской Арктики, Дальнего Востока и Забайкалья: есть ли пути решения старых проблем? // *Арктика: экология и экономика*. — 2016. — № 4 (24). — С. 16—21.
7. Волков А. В., Галямов А. Л., Сидоров А. А. Проблемы освоения минеральных ресурсов Арктики (на примере Чукотки и Аляски) // *Арктика: экология и экономика*. — 2018. — № 4 (32). — С. 4—14. — DOI: 10.25283/2223-4594-2018-4-4-14.
8. Волков А. В., Галямов А. Л., Лобанов К. В. Минеральное богатство Циркумарктического пояса // *Арктика: экология и экономика*. — 2019. — № 1 (33). — С. 106—117. — DOI: 10.25283/2223-4594-2019-1-106-117.
9. Донской С. Е. Освоение ресурсного потенциала и обеспечение экологической безопасности Арктики: Доклад на III Международном арктическом форуме «Арктика — территория диалога», 25 сентября 2013, г. Салехард. — URL: <http://pro-arctic.ru/07/10/2013/resources/5082>.
10. Об утверждении «Схемы и программы развития электроэнергетики Мурманской области на период 2018—2022 гг.» от 26.04.2017 № 63-ПГ. — URL: http://energy.csti.yar.ru/documents/51/5120170049_1_rasporyazhenie_63-rg_ot_26.04.2017.pdf.
11. Полезные ископаемые в Арктике. — URL: <https://arctica-antarktida.ru/arktikapolsk.shtml>.
12. Шишацкий Н. Г., Брюханова Е. А., Матвеев А. М. Проблемы и перспективы развития Арктической зоны Красноярского края // *ЭКО*. — 2018. — № 4. — С. 8—28. — DOI: <http://dx.doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2018-4-8-28>.
13. Шишацкий Н. Г. Перспективы развития северных и арктических районов в рамках мегапроекта «Енисейская Сибирь» // *Арктика и Север*. — 2018. — № 33. — С. 66—90. — DOI: 10.17238/issn2221-2698.2018.33.66.
14. Шишацкий Н. Г., Брюханова Е. А., Ефимов В. С., Матвеев А. М. Стратегическое позиционирование арктического региона как объекта территориального развития (на примере Хатангско-Анабарского региона) // *Арктика и Север*. — 2016. — № 25. — С. 173—195. — DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2221-2698.2016.25.173>.
15. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. — М.: Энергоиздат, 1985. — С. 31—34.

16. Лисиенко В. Г., Щелоков Я. М., Ладыгичев М. Г. Хрестоматия энергосбережения: Справочное издание: В 2 кн. — Кн. 2 / Под ред. В. Г. Лисиенко. — М.: Теплоэнергетик, 2003. — 768 с. — С. 433—604.
17. Толстов А. В., Похиленко Н. П., Лапин А. В. и др. Инвестиционная привлекательность Томторского месторождения и перспективы ее повышения // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 25—30.
18. Крюков В. А., Толстов А. В., Афанасьев В. П. и др. Обеспечение российской промышленности высокотехнологичной сырьевой продукцией на основе гигантских месторождений Арктики — Томторского ниобий-редкоземельного и Попигаевского сверхтвердого абразивного материала // Север и Арктика в новой парадигме мирового развития: Лузинские чтения-2016. — Апатиты, 2016. — С. 204—206.
19. Яценко В. А., Крюков Я. В. Оценка направлений поставок редкоземельной руды месторождения Томтор на переработку: пространственный аспект // ЭКО. — 2016. — № 8. — С. 37—50.
20. Проект освоения и транспортировки руды Томторского месторождения ниобия и редкоземельных металлов. — URL: <http://dnevnikykt.ru/NikBara/1084742>.
21. До 2020 года решится вопрос перевозки томторской руды через Таймыр. — URL: <https://businessgazeta.ru/?id=news.view&obj=82e0738e5e5e7020df2249a67f2e425>.
22. Концепция формирования Северо-Якутской опорной зоны социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации. — URL: http://src-sakha.ru/wp-content/uploads/2018/07/Kontseptsiya-SYAOZ_2016.pdf.
23. Борисов Е. А. О проблемах и перспективах развития арктических территорий Республики Саха (Якутия) // Современ. производ. силы. — 2015. — № 3. — С. 86—95.
24. Путь к алмазам: Месторождение драгоценных камней в Якутии осваивают при помощи государства. — URL: <https://rg.ru/2017/10/26/reg-dfo/mestorozhdenie-almazov-v-iakutii-osvoiat-pri-pomoshchi-gosudarstva.html>.
25. За освоение Верхне-Мунского месторождения алмазов АЛРОСА возьмется не раньше 2019 года. — URL: <http://www.1sn.ru/107743.html>.
26. В Якутии надеются на скорое лицензирование месторождения Кючус. — URL: <https://ria.ru/20161006/1478683210.html>.
27. Перспективы добычи олова в России. — URL: <http://www.yktimes.ru/новости/perspektiviyi-dobyichi-olova-v-rossii/>.
28. Схема и программа развития электроэнергетики Хабаровского края на период 2018—2022 годы. — Утв. распоряжением губернатора Хабаровского края от 19 апреля 2018 г. № 179-р. — URL: <https://tek.khabkrai.ru/Programmy/454/O-programme>.
29. Концепция развития оловодобывающей промышленности на территории Республики Саха (Якутия) на 2012—2020 годы. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/445032321>.

Информация об авторах

Санев Борис Григорьевич, доктор технических наук, руководитель научного направления «Комплексные проблемы энергетики и региональная энергетическая политика», заведующий отделом, профессор, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130), e-mail: saneev@isem.irk.ru.

Иванова Ирина Юрьевна, кандидат экономических наук, заведующая лабораторией энергоснабжения децентрализованных потребителей, ведущий научный сотрудник, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130), e-mail: nord@isem.irk.ru.

Корнеев Анатолий Григорьевич, старший научный сотрудник, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения РАН (664033, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130), e-mail: korn@isem.irk.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Санев Б. Г., Иванова И. Ю., Корнеев А. Г. Оценка электрических нагрузок потенциальных проектов освоения месторождений минерально-сырьевых ресурсов в восточных регионах Арктической зоны Российской Федерации // Арктика: экология и экономика. — 2020. — № 1 (37). — С. 4—14. — DOI: 10.25283/2223-4594-2020-1-4-14.

ASSESSMENT OF ELECTRICAL LOADS OF POTENTIAL PROJECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES IN THE EASTERN REGIONS OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Saneev B. G., Ivanova I. Yu., Korneev A. G.

Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russian Federation)

The article was received on September 20, 2019

Abstract

The paper presents estimates of the electricity demand and electrical loads of potential projects for the development of mineral resources in the Arctic zones of the Krasnoyarsk Territory, the Republic of Sakha (Yakutia) and the Chukotka Autonomous Region. The focus is on the priority projects characterized by a high degree of exploration of mineral resources, and the availability of mining licenses, feasibility studies or business plans. The study indicates that the limiting factor for the implementation of the projects is the inaccessibility of sites and underdevelopment of the transport and energy infrastructure in the eastern Arctic zone of the Russian Federation. During the research, we employ the standard method for assessing electricity consumption, taking into account the raw material extraction and processing technologies under the Arctic conditions. The required generating capacity in the implementation of the projects under consideration can reach 425 MW in 2025 and increase to 826 MW by 2035 with the electric power production of 6 billion kWh. The largest increase in electricity consumption is expected in the Taimyr-Turukhansky key zone during the development of rare-earth deposits — Chernogorsk and Norilsk-1, as well as the Suzun, Tagul and Lodochnoye oil and gas fields of the Vankor area. The project for the development of the Peshchanka copper deposit in the Chukotka key zone is comparable to these projects in terms of electrical loads. The power supply of planned production facilities for the implementation of these projects will require the development of generating capacities and the grid infrastructure of the functioning energy centers in the eastern Arctic zone: Norilsk, Vankor, Chaun-Bilibinsk. Smaller projects, especially on the territory of the North-Yakutsk key zone, can focus only on autonomous power supply. At the same time, fuel extraction projects will focus on own resources for energy supply of local production facilities. In addition, to ensure the effectiveness of projects for the development of metal ore deposits, the problem arises of choosing feasible options for the fuel supply of autonomous power plants.

Keywords. Eastern regions of the Russian Federation, Russian Arctic zone, the development of mineral resources, power consumption, standard method, electrical loads.

The study was carried out within the framework of the state assignment project XI.174.2.3 (reg. No. AAAA-A17-117030310439-8) of fundamental research of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

The authors are grateful to Ivanov R. A., PhD of Engineering Science, Researcher at the Information Technologies Laboratory at the Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, for the completed drawings.

References

1. Postanovlenie Pravitel'stva RF "O vnesenii izmenenii v postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 21 aprelya 2014 g. № 366" ot 31 avgusta 2017 g. № 1064. [Decree of the Government of the Russian Federation of August 31, 2017 no. 1064 "On Amendments to the Resolution of the Government of the Russian Federation of April 21, 2014 no. 366" On the State Program of the Russian Federation "Social and Economic Development of the Arctic Zone of the Russian Federation until 2020"]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71662010/>. (In Russian).
2. Ivanova I. Y. Significant factors affecting the selection of rational options for power supply in an off-grid zone. E3S Web of Conferences, 2019, vol. 77. ID: 02006. DOI: 10.1051/e3sconf/20197702006.
3. Saneev B. G., Ivanova I. Yu., Tuguzova T. F., Izhbuldin A. K. Avtonomnye energoistochniki na severe Dal'nego Vostoka: kharakteristika i napravleniya diversifikatsii. [Autonomous Energy Sources in the North of the Far East: Current State and Directions of Diversification]. Prostranstv. ekonomika, 2018, no. 1, pp. 101—116. DOI: 10.14530/se.2018.1.101-116. (In Russian).
4. Saneev B. G., Ivanova I. Yu., Tuguzova T. F. Problemy energetiki vostochnoi zony rossiiskoi Arktiki i vozmozhnye puti resheniya. [Energy problems of the eastern zone of the Russian Arctic and possible solutions]. Energet. politika, 2018, no. 3, pp. 80—87. (In Russian).
5. Afanas'ev S. M., Gassii V. V., Potravnyi I. M. Territorii traditsionnogo prirodopol'zovaniya: ogranicheniya razvitiya ili faktory ekonomicheskogo rosta? [Territo-

- ries of traditional nature management: development limitations or factors of economic growth?]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2017, no. 2 (26), pp. 4—16. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-2-4-16. (In Russian).
6. *Samsonov N. Yu., Kryukov Ya. V., Yatsenko V. A.* Gornorudnye proekty vostochnoi chasti rossiiskoi Arktiki, Dal'nego Vostoka i Zabaikal'ya: est' li puti resheniya starykh problem? [Mining projects of the eastern part of the Russian Arctic, the Far East and Transbaikalia: are there ways to solve old problems?]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2016, no. 4 (24), pp. 16—21. (In Russian).
7. *Volkov A. V., Galyamov A. L., Sidorov A. A.* Problemy osvoeniya mineral'nykh resursov Arktiki (na primere Chukotki i Alyaski). [Problems of development of mineral resources of the Arctic (on the example, Chukotka and Alaska)]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2018, no. 4 (32), pp. 4—14. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-4-4-14. (In Russian).
8. *Volkov A. V., Galyamov A. L., Lobanov K. V.* Mineral'noe bogatstvo Tsirkumarkticheskogo poyasa. [The mineral wealth of the Circum-Arctic Belt]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2019, no. 1 (33), pp. 106—117. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-1-106-117. (In Russian).
9. *Donskoi S. E.* Osvoenie resursnogo potentsiala i obespechenie ekologicheskoi bezopasnosti Arktiki. [Potentials for resources development and environmental challenges in the Arctic zone]. Doklad na III Mezhdunarodnom arkticheskom форуме "Arktika — territoriya dialoga", 25 sentyabrya 2013, g. Salekhard. URL: <http://pro-arctic.ru/07/10/2013/resources/5082>. (In Russian).
10. Ob utverzhdenii "Skhemy i programmy razvitiya elektroenergetiki Murmanskoi oblasti na period 2018—2022 gg." ot 26.04.2017 no. 63-RG. [A scheme and a program for the development of the power industry of the Murmansk region for the period 2018—2022]. Available at: http://energy.csti.yar.ru/documents/51/5120170049_1_rasporyazhenie_63-rg_ot_26.04.2017.pdf. (In Russian).
11. Poleznye iskopaemye v Arktike. [Mineral resources in the Arctic]. Available at: <https://arktika-antarktida.ru/arktikipolisk.shtml>. (In Russian).
12. *Shishatskii N. G., Bryukhanova E. A., Matveev A. M.* Problemy i perspektivy razvitiya Arkticheskoi zony Krasnoyarskogo kraja. [Problems and Prospects of Development of the Arctic Zone of Krasnoyarsk Krai]. *EKO*, 2018, no. 4, pp. 8—28. DOI: <http://dx.doi.org/10.30680/EKO0131-7652-2018-4-8-28>. (In Russian).
13. *Shishatskii N. G.* Perspektivy razvitiya severnykh i arkticheskikh raionov v ramkakh megaproekta "Eniseiskaya Sibir". [The prospects of the Northern and Arctic territories and their development within the Yenisei Siberia megaproject]. *Arktika i Sever*, 2018, no. 33, pp. 66—90. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2018.33.66. (In Russian).
14. *Shishatskii N. G., Bryukhanova E. A., Efimov V. S., Matveev A. M.* Strategicheskoe pozitsionirovanie arkticheskogo regiona kak ob'ekta territorial'nogo razvitiya (na primere Khatangsko-Anabarskogo regiona). [Strategic Positioning of the Arctic Region As an Object of Territorial Development (On the Example of the Khatanga-Anabar Region)]. *Arktika i Sever*, 2016, no. 25, pp. 173—195. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2221-2698.2016.25.173>. (In Russian).
15. Spravochnik po proektirovaniyu elektroenergeticheskikh sistem. [A reference book of design of electrical power systems]. Moscow, Energoizdat, 1985, pp. 31—34. (In Russian).
16. *Lisienko V. G., Shchelokov Ya. M., Ladygichev M. G.* Khrestomatiya energosberezheniya: Spravochnoe izdanie: V 2 kn. Kn. 2. [Energy saving foundations: Reference Book: in 2 books, Book 2]. Pod red. V. G. Lisienko. Moscow, Teploenergetik, 2003, 768 p, pp. 433—604. (In Russian).
17. *Tolstov A. V., Pokhilenko N. P., Lapin A. V. et al.* Investitsionnaya privlekatel'nost' Tomtorskogo mestorozhdeniya i perspektivy ee povysheniya. [Investment attractiveness of the Tomtor deposit and the prospects for its enhancement]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2014, no. 9, pp. 25—30. (In Russian).
18. *Kryukov V. A., Tolstov A. V., Afanas'ev V. P. et al.* Obespechenie rossiiskoi promyshlennosti vysokotekhnologichnoi syr'evoi produktsiei na osnove gigantских mestorozhdenii Arktiki — Tomtorskogo niobii-redkozemel'nogo i Popigaiskogo sverkhтвердоgo abrazivnogo materiala. [Providing Russian industry with high-tech mineral resources based on giant deposits of the Arctic (Tomtor niobium-rare-earth and Popigai superhard abrasive material)]. *Sever i Arktika v novoi paradigme mirovogo razvitiya: Luzinskies chteniya-2016*. Apatity, 2016, pp. 204—206. (In Russian).
19. *Yatsenko V. A., Kryukov Ya. V.* Otsenka napravlenii postavok redkozemel'noi rudy mestorozhdeniya Tomtor na pererabotku: prostranstvennyi aspekt. [Evaluation of directions for the delivery of Rare earth Ore from the Tomtor Deposit for Processing: Spatial Aspect]. *EKO*, 2016, no. 8, pp. 37—50. (In Russian).
20. Proekt osvoeniya i transportirovki rudy Tomtorskogo mestorozhdeniya niobiya i redkozemel'nykh metallov. [Project for the development and transportation of ore from the Tomtor niobium and Rare earth metal deposit]. Available at: <http://dnevnik.ykt.ru/NikBara/1084742>. (In Russian).
21. Do 2020 goda reshitsya vopros perevozki tomtorskoi rudy cherez Taimyr. [Until 2020, the issue of transportation of tomtor ore through Taimyr will be resolved]. Available at: <https://biznes-gazeta.ru/?id=news.view&obj=82e0738e5eece7020df2249a67f2e425>. (In Russian).
22. Kontseptsiya formirovaniya Severo-Yakutskoi opornoj zony sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii. [Concept of creating North-Yakutia reference zone of social and economic development of the Arctic area of the Russian Federation]. Available at: <http://src-sakha>.

ru/wp-content/uploads/2018/07/Kontsepsiya-SY-AOZ_2016.pdf. (In Russian).

23. *Borisov E. A.* O problemakh i perspektivakh razvitiya arkticheskikh territorii Respubliki Sakha (Yakutiya). [Problems and prospects of developing the Arctic area of the Sakha Republic]. *Sovrem. proizvod. sily*, 2015, no. 3, pp. 86—95. (In Russian).

24. Put' k almazam: Mestorozhdenie dragotsennykh kamnei v Yakutii osvayvayut pri pomoshchi gosudarstva. [Road to diamonds. The deposit of precious stones in Yakutia is developed with the help of the state]. Available at: <https://rg.ru/2017/10/26/reg-dfo/mestorozhdenie-almazov-v-iakutii-osvoiat-pri-pomoshchi-gosudarstva.html>. (In Russian).

25. Za osvoenie Verkhne-Munskogo mestorozhdeniya almazov ALROSA voz'metsya ne ran'she 2019 goda. [ALROSA will take on the development of the Verkhne-Munsky diamond deposit no earlier than 2019]. Available at: <http://www.1sn.ru/107743.html>. (In Russian).

26. V Yakutii nadeyutsya na skoe litsenzirovanie mestorozhdeniya Kyuchus. [Yakutia hopes for prompt

Kyuchus deposit licensing]. Available at: <https://ria.ru/20161006/1478683210.html>. (In Russian).

27. Perspektivy dobychi olova v Rossii. [Prospects for tin extraction in Russia]. Available at: <http://www.yk-times.ru/novosti/perspektivy-dobyichi-olova-v-rossii/>. (In Russian).

28. Skhema i programma razvitiya elektroenergetiki Khabarovskogo kraja na period 2018—2022 gody. [A scheme and a program for the development of the power industry of the Khabarovsk Territory for the period of 2018—2022]. *Utv. rasporyazheniem gubernatora Khabarovskogo kraja ot 19 aprelya 2018 g. no. 179-r.* Available at URL: <https://tek.khabkrai.ru/Programmy/454/O-programme>. (In Russian).

29. Kontsepsiya razvitiya olovodobyvayushchei promyshlennosti na territorii Respubliki Sakha (Yakutiya) na 2012—2020 gody. [The concept of the development of the tin industry in the Republic of Sakha (Yakutia) for 2012—2020]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/445032321>. (In Russian).

Information about the authors

Saneev Boris Grigorievich, Doctor of Engineering Science, Head of the “Complex Energy Problems and Regional Energy Policy” Research Area, Head of the Department, Professor, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian of the RAS (130, Lermontov str., Irkutsk, Russia, 664033), e-mail: saneev@isem.irk.ru.

Ivanova Irina Yurievna, PhD of Economy, Head, Laboratory of Energy Supply to Off-grid Consumers, Leading Researcher, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian of the RAS (130, Lermontov str., Irkutsk, Russia, 664033), e-mail: nord@isem.irk.ru.

Korneev Anatoly Grigorievich, Senior Researcher, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the RAS (130, Lermontov str., Irkutsk, Russia, 664033), e-mail: korn@isem.irk.ru.

Bibliographic description

Saneev B. G., Ivanova I. Yu., Korneev A. G. Assessment of electrical loads of potential projects for the development of mineral resources in the eastern regions of the Arctic zone of the Russian Federation. *The Arctic: Ecology and Economy*, 2020, no. 1 (37), pp. 4—14. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-1-4-14. (In Russian).

© Saneev B. G., Ivanova I. Yu., Korneev A. G., 2020