

УДК 339.13:553.631

## ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СОЛЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

Боярко Григорий Юрьевич<sup>1</sup>,  
gub@tpu.ru

Хатьков Виталий Юрьевич<sup>1,2</sup>,  
V.Khatkov@adm.gazprom.ru

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

<sup>2</sup> ПАО «Газпром»,  
Россия, 196143, г. Санкт-Петербург, пл. Победы, 2.

**Актуальность** работы обусловлена необходимостью изучения состояния соляной промышленности России при наличии значительной импортозависимости по хлориду натрия.

**Цель:** изучение динамики товарных потоков (производства, импорта, экспорта, потребления) хлорида натрия и производимых из него товарных продуктов, их цен (мировых, российского импорта и экспорта), сырьевой базы каменной соли России и перспектив увеличения ее национального производства.

**Методы:** статистический, графический, логический.

**Результаты.** Соляная промышленность России, несмотря на значительные объемы добычи (до 6,5 млн т/год) на фоне роста потребления (+3,8 %/год, до 7,8 млн т/год), длительное время являлась импортозависимой отраслью, импортируя до 2,4 млн т/год, или до 45 % от национального потребления. Лишь в 2019 г. доля импорта каменной соли снизилась до 18 %. Зависимость обусловлена устоявшимися товарными потоками каменной соли в экономическом пространстве СНГ, первоначально в основном с Украины. После политических санкций 2014 г. поток украинской соли был замещен увеличением импорта из Беларуси и Казахстана. Сырьевая база каменной соли России практически не ограничена, но востребованы преимущественно объекты добычи поблизости от главных потребителей (население Европейской части России и химические предприятия запада страны). Фактор транспортной логистики для каменной соли является определяющим. Создание новых центров добычи каменной соли, а также расширение имеющихся производств хлористого натрия, проблемно ввиду невысокой стоимости этого товара. Поэтому темпы производства соли медленно замещали импортные потоки каменной соли на фоне опережающего роста ее национального потребления. Рост национального производства каменной соли происходил в основном за счет увеличения выпуска попутного технического хлорида натрия при добыче калийных солей ПАО «Уралкалий» (с 0,76 млн т в 2015 г. до 1,8 млн т в 2019 г.). Увеличение потребления технической соли обусловлено ростом производства соляной кислоты (+3,5 %/год), гипохлоритов, хлоратов и перхлоратов (+2,4 %/год), а также значительным ростом потребления антиобледенительных материалов. Увеличение объемов заготовки поваренной соли возможно на объектах геотехнологической разработки месторождений ПАО «Руссоль» и АО «Башкирская содовая компания». Прирост объемов добычи технической соли наиболее реален путем увеличения выхода попутного хлорида натрия при добыче калийных солей в ПАО «Уралкалий», а также в рамках подготавливаемого проекта строительства Гремячинского ГОКа АО «МХК "ЕвроХим"».

### Ключевые слова:

Соляная промышленность России, сырьевая база, техническая соль, пищевая соль, добыча, импорт, потребление, импортозависимость.

### Введение

Хлорид натрия (каменная соль, садовая соль, поваренная соль) подразделяется на пищевую, кормовую и техническую соль. Самое массовое потребление хлорида натрия в России идет на пищевые нужды (2,8–3,5 млн т/год). Техническая соль используется в крупнотоннажном химическом производстве (2,5–4,2 млн т/год), в котором из хлорида натрия получают хлор, кальцинированную и каустическую соду, соляную кислоту, хлораты, гипохлораты и перхлораты [1, 2]. Значительные объемы хлорида натрия используются в нефтегазовой отрасли для изготовления буровых растворов. Появился новый емкий рынок потребления технической соли для производства антигололедных материалов. Хлорид натрия (каменная соль) представляет собой широко распространенное и относительно дешевое сырье. Тем не менее в России сложилась ситуация, когда имеется огромная национальная сырьевая база подготовленных месторождений каменной и садовой соли, устойчиво рабо-

тают крупные добывающие компании, и в то же время имеет место значительный импорт этого сырья (до 2,5 млн т/год) [3–6]. Для определения проблем российского рынка соли необходимо произвести анализ состояния национальной минерально-сырьевой базы соли, тенденций ее спроса и предложения. По результатам анализа возможна выработка рекомендаций по дальнейшему развитию соляной промышленности.

### Методы исследования

С целью изучения российского рынка соли и соляных продуктов были обработаны данные по движению их товарных потоков за 2002–2019 гг., по динамике мировых цен и цен российского импорта и экспорта хлорида натрия. Источники информации: базы данных Федеральной службы государственной статистики [7] и Федеральной таможенной службы России [8], статистические данные ООН [9], обзоры информационных центров [10, 11].

Объемы товарных потоков солевых продуктов учтены в метрических тоннах, а цены – в долларах США за тонну товара. Доли импорта определялись по отношению импортных объемов к объемам национального потребления, доли экспорта – по отношению экспортных объемов к объемам национального производства. Среднемировые цены соли рассчитаны по суммарным объемам и стоимости мирового экспорта и импорта.

Темпы годовых изменений во времени абсолютных показателей (объемы, стоимость) определяются в виде сложных процентов, относительных показателей (цены, доли) – в виде простых процентов.

### Состояние соляной отрасли России

Если рассматривать галургическую промышленность минеральных солей формально, то она включает в себя кроме хлоридов натрия (каменной соли) еще и хлориды калия, гидрокарбонаты и сульфаты натрия. Но калийные соли представляют собой отдельное крупнотоннажное производство (7–8 млн т/год), направленное на выпуск исключительно калийных минеральных удобрений, и это направление необходимо рассматривать отдельно. Гидрокарбонаты натрия (природная сода), сульфаты натрия ввиду редкого нахождения этих видов минеральных солей на территории России добываются в ограниченных объемах (первые тысячи тонн в год). В нашем случае соляная промышленность

рассматривается исключительно как комплекс предприятий по производству и переработке хлорида натрия (пищевой и технической соли).

Хлорид натрия (каменная соль, садовная соль, поваренная соль) – природное легко растворимое в воде соединение, в природе встречается в растворенном виде в морской воде и рассолах соляных озер, а также в твердом виде (соляные минералы, галогенные породы).

Предприятия соляной промышленности добывают и перерабатывают соли, находящиеся в галогенных породах ископаемых отложений, а также из поверхностных вод и рассолов.

На рис. 1 показана география соляных провинций России [12, 13], месторождений каменной соли, добывающих ее предприятий и производств, потребляющих хлорид натрия.

В осадочном чехле земной коры всего мира находится 25–30 млн км<sup>3</sup> (70–80×10<sup>15</sup> т) различных минеральных солей, ресурсы солей в России весьма велики, измеряемые сотнями триллионов тонн. В Восточно-Сибирском соленосном бассейне они оцениваются в 1,68×10<sup>15</sup> т, в Прикаспийской – 37,2×10<sup>14</sup> т, в Уральском – 3,4×10<sup>12</sup> т [12–14]. Суммарные мощности соляных отложений по различным бассейнам оцениваются от 75 м в Московском до 2000 м в Восточно-Сибирском. Запасы подготовленных месторождений составляют сотни миллионов и миллиарды тонн.



**Рис. 1.** Соленосные провинции, предприятия, добывающие и перерабатывающие соляные продукты: 1 – соленосные бассейны (I – Предкавказский, II – Калининградский [часть Центрально-Европейского], III – Московский, IV – Прикаспийский, V – Приуральский [Верхнекамский], VI – Южно-Сибирский [Барabiно-Кулундинский], VII – Минусинский, VIII – Восточно-Сибирский [Ангара-Ленский], IX – Хатангский), 2–4 – месторождения (2 – каменной соли, 3 – самосадочной [озерной] поваренной соли, 4 – сульфатов натрия), 5, 6 – горнодобывающие предприятия, реализующие минеральные соли (5 – действующие, 6 – остановленные), 7 – химические предприятия по переработке соляного сырья

**Fig. 1.** Saline provinces and company producing and processing salt products: 1 – saline basins (I – Pre-Caucasian, II – Kaliningrad [part of Central European], III – Moscow, IV – Caspian, V – Ural [Verkhnekamsky], VI – South Siberian [Barabino-Kulundinsky], VII – Minusinsky, VIII – East Siberian [Angara-Lena], IX – Khatanga), 2–4 – deposits (2 – rock salt, 3 – self-settling [lake] table salt, 4 – sulfates sodium), 5, 6 – mining companies that sell mineral salts (5 – active, 6 – stopped), 7 – chemical plants that process salt raw materials

Ресурсная база каменной соли России не ограничивается подготовленными месторождениями, прирост запасов возможен как за счет доразведки периферии известных месторождений (имеющийся фонд забалансовых запасов), так и за счет разведки новых месторождений.

Добыча каменной соли в России осуществлялась начиная с XII в. путем ее выварки из соляных источников и подземных рассолов. Практически все известные к настоящему времени месторождения каменной соли были охвачены кустарными, а в некоторых случаях и весьма масштабными, разработками. Предпочтение отдавалось тем промыслам, которые находились ближе к центрам массового потребления – на месторождениях Московской соленосной провинции [15]. При индустриализации соляной промышленности, сопровождавшейся падением цен на соль, эти промыслы оказались неконкурентоспособными, и их разработка была остановлена (Сольвычегодское, Сереговское, Усть-Кутское, Дис-Дагское и другие месторождения). По причине отдаленности от потребителей ограничено развитие соляной промышленности в крупнейшей Восточно-Сибирской соленосной провинции, даже в непосредственной близости от железных дорог в Иркутской области.

Лидирует в производстве хлорида натрия в России холдинг ООО «Руссоль» (г. Оренбург), управляющий центрами добычи каменной соли (рис. 1):

- ЦДПС «Бассоль» из озерной садочной соли озера Баскунчак в Астраханской области с годовой добычей до 1,8 млн т/год;
- ЦДПС «Илецксо́ль» из каменной соли Илецкого месторождения в Оренбургской области (запасы 568 млн т, добыча 275 тыс. т/год);
- ЦДПС «Новомосковский» из каменной соли Новомосковского месторождения в Тульской области (запасы 96 млн т, добыча 200 тыс. т/год);
- ЦДПС «Усолье» из каменной соли Усолье-Сибирского месторождения в Иркутской области (запасы 4,4 млрд т, добыча 100 тыс. т/год).

Из других предприятий, осуществляющих добычу солей, следует отметить:

- АО «Уралкалий» на Верхнекамском месторождении калийных солей в Пермском крае (попутный продукт хлорид натрия – до 1,8 млн т/год, запасы NaCl – 4,6 млрд т);
- АО «Башкирская содовая компания» на Яр-Бишкадакском месторождении каменной соли (2,2 млрд т) в Республике Башкортостан (рассолов до 9 млн м<sup>3</sup>/год);
- АО «Тыретский солерудник» на Тыретском месторождении каменной соли в Иркутской области (запасы 1,2 млрд т, добыча до 500 тыс. т/год);
- АО «Саянскхимпласт» (рассолов до 1,5 млн м<sup>3</sup>/год [эквивалент 495 тыс. т NaCl/год]) на Зиминском месторождении каменной соли (1,6 млрд т) в Иркутской области;
- Братский филиал АО «Группа "Илим"» – добыча рассолов для нужд Братского хлорного завода на Братском месторождении каменной соли (0,4 млрд т) в Иркутской области;

- АО «Иреляхнефть» на Иреляхском месторождении каменной соли в Республике Саха-Якутия (запасы 784 млн т, добыча до 25 тыс. т/год);
- ООО «Магмайн» на Светлоярском месторождении каменной соли в Волгоградской области (запасы 1,08 млрд т, добыча геотехнологическим способом для обеспечения потребностей АО «Каустик»);
- ООО «Алтайская соледобывающая компания» на озере Бурлинское в Алтайском крае (до 15 тыс. т/год);
- АО «Кимпендйская соляная компания» на Кимпендйских соляных источниках в Республике Саха-Якутия (до 5 тыс. т/год).

Имеются разведанные и подготовленные к освоению месторождения каменной соли: Шедокское в Краснодарском крае (2 млрд т), Керженское в Кировской области (700 млн т), Белбашское в Нижегородской области (2,5 млрд т), Шумковское (160 млн т) в Пермском крае, Стерлитамакское (1,3 млрд т) и Стерлибашеевское (500 млн т) в Республике Башкортостан, Талаканское (4,1 млрд т), Наманинское (748 млн т) и Олекминское (892 млн т) в Республике Саха (Якутия).

Рассматриваются инвестиционные проекты организации разработки Белбашского (ПАО «Соль Руси») и Шедокского (Администрация Мостовского района Краснодарского края) месторождений каменной соли.

На рис. 2, а приводится динамика рынка хлорида натрия в России за 2002–2019 гг. Национальное производство (добыча) соли длительное время (до 2018 г.) колеблется в пределах от 2,3 до 4,3 млн т/год. Лишь в 2019 г. произошло серьезное увеличение до 6,5 млн т. В то же время потребление хлорида натрия в России значительно больше собственного производства с отчетливым ростом с 4,3 млн т в 2002 г. до 7,8 млн т в 2019 г. Темпы среднегодового роста потребления хлорида натрия в +3,8 %/год опережают рост производства в +3,5 %/год (табл. 1), что свидетельствует о необходимости дальнейшего увеличения объемов национальной добычи соли.

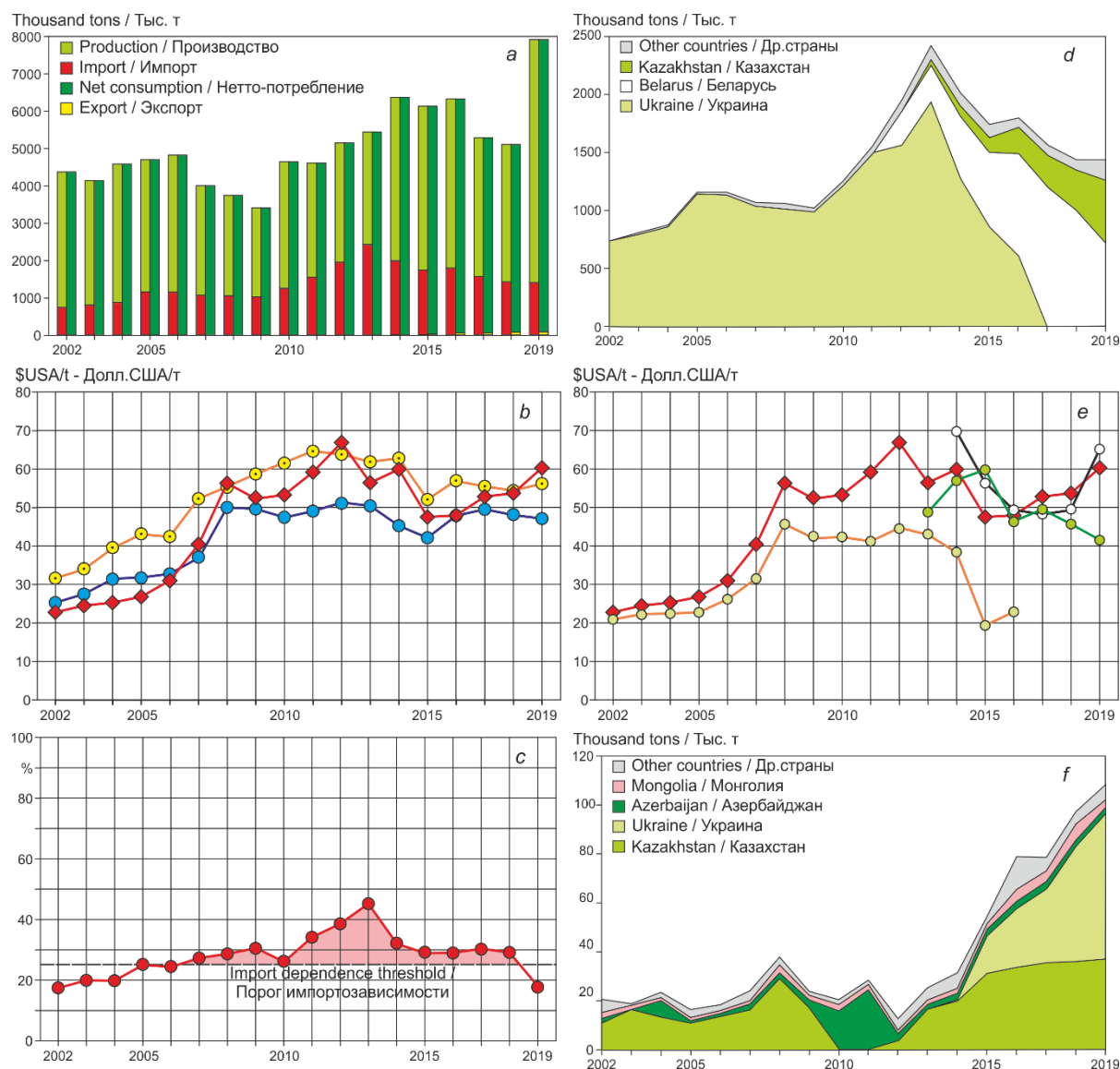
Дефицит потребления покрывается по импорту, который вырос с 0,7 млн т в 2002 г. до максимума 2,4 млн т в 2013 г. (стоимостью 137 млн \$США) и начал в дальнейшем снижаться до 1,4 млн т в 2019 г. Среднегодовое изменение объемов импорта каменной соли составило +3,8 % (табл. 1), что пропорционально динамике прироста потребления. До 2016 г. основным поставщиком хлорида натрия в Россию была Украина (33–70 % импорта), но в 2016 г. хлорид натрия был включен в санкционный список запрета импортных покупок, и в 2017 г. импорт соли из этой страны прекратился. Импортный дефицит соли тут же был перекрыт наращиваемыми поставками из Беларуси (с 26 до 70 %) и Казахстана (с 5 до 18 %) (рис. 2, d).

На рис. 2, b показана динамика мировых цен экспорта и импорта хлорида натрия, а также цены его импорта в Россию. Превышение мировых цен импорта над экспортом (за счет транспортных и таможенных расходов) составляет 10–20 %. Мировые цены на соль росли с 2002 г. для экспорта (импорта) с 25 (32) до 50 (55) \$/т в 2008 г. В дальнейшем средние экспортные (импортные) цены на хлорид натрия в 2009–

2019 гг. находятся в коридоре 42–50 (54–64) \$/т. Цена импорта хлористого натрия в Россию в 2002–2008 гг. была на 30...60 % ниже среднемировых импортных цен, но начиная с 2009 г. соотношение цены российского импорта со среднемировыми стали близкими – +5...–10 %. Цена импорта соли с Украины (рис. 2, е) всегда была ниже цены среднероссийского импорта, причем имела тенденция к увеличению разницы с – 6 % в 2002 г. до –20 % в 2007 г. и до –58 % в 2015 г. Цены же импорта хлористого натрия из Беларуси и

Казахстана сопоставимы со среднемировыми. Кроме этого, для Казахстана имеется тенденция снижения цены с –3 % от среднероссийской цены импорта в 2015 г. до –31 % в 2019 г.

Начиная с 2005 г. доля импорта хлорида натрия была выше на 25 % (рис. 2, с), т. е. этот товарный продукт относился к импортозависимым [16–18]. Лишь в 2019 г., после резкого роста национальной добычи (на 76 %), доля импорта соли в национальном потреблении снизилась до 18 %.



**Рис. 2.** Динамика показателей товарных потоков хлорида натрия за 2002–2019 гг. Составлено по обобщенным данным [8–12]. а) балансы российского рынка хлорида натрия; б) цены международной торговли хлорида натрия (● – среднемировая цена экспорта, ● – среднемировая цена импорта, ◆ – цена импорта в Россию); в) доля импорта хлорида натрия от национального потребления России; д) импорт хлорида натрия в Россию по странам-поставщикам; е) цены импорта хлорида натрия в Россию по странам-поставщикам (○ – Украина, ● – Казахстан, ○ – Беларусь, ◆ – средняя цена импорта в Россию); ф) экспорт хлорида натрия из России по странам-покупателям

**Fig. 2.** Dynamics of indicators of commodity flows of sodium chloride for 2002–2019. Compiled from generalized data [8–12]. а) balances of the Russian sodium chloride market; б) international trade prices of sodium chloride (● – average world export price, ● – average world import price, ◆ – price of import to Russia); в) share of sodium chloride imports from national consumption of Russia; д) import of sodium chloride to Russia by supplier countries; е) import prices of sodium chloride to Russia by supplier countries (○ – Ukraine, ● – Kazakhstan, ○ – Belarus, ◆ – average import price to Russia); ф) export of sodium chloride from Russia to the buyer countries

**Таблица 1.** Объемы товарных потоков, доли импорта (от потребления), экспорта (от производства), среднегодовые изменений объемов соляных продуктов в 2002 и 2019 гг. Составлено по данным Службы государственной статистики [7] и Таможенной службы РФ [8]

**Table 1.** Volume of commodity flows, the share of imports (from consumption), exports (from production), the average annual changes in the volume of salt products in 2002 and 2019. Compiled according to the State Statistics Service [7] and the Customs Service of the Russian Federation [8]

Товарные продукты Commercial products	Производство Production		Импорт Import		Экспорт Export		Потребление Consumption		Доля импорта Share of imports		Доля экспорта Export share		Среднегодовые изменения объемов Average annual volume changes			
	тыс. т/thousand tons								%							
	2002	2019	2002	2019	2002	2019	2002	2019	2002	2019	2002	2019	производства production	импорта import	экспорта export	потребления consumption
Хлористый натрий (соль каменная) Sodium chloride (rock salt)	3619,5	6388,1	751,6	1427,2	21,2	109,0	4349,9	7706,3	17,3	18,1	0,6	1,7	+3,5	+3,8	+10,1	+3,8
Карбонат динатрия (сода кальцинированная) Disodium carbonate (soda ash)	2384,5	3383,2	49,9	16,1	487,9	769,5	1946,5	2629,8	2,6	0,6	20,5	22,7	+2,1	−6,5	+2,7	+1,8
Каустическая сода (натр едкий) Caustic soda (caustic soda)	1146,3	1290,7	1,3	34,5	39,3	67,2	1108,3	1258,0	0,1	2,7	3,4	5,2	+0,7	+21,3	+3,2	+0,8
Кислота соляная Hydrochloric acid	686,3	1221,7	0,0	11,8	17,1	19,2	669,2	1214,3	0,0	1,0	2,5	1,6	+3,5	Н.д. N.d.a.	+0,7	+3,6
Хлор/Chlorine	Н.д.* N.d.a.*	449,7	Н.д. N.d.a.	0,8	Н.д. N.d.a.	2,9	Н.д. N.d.a.	447,6	Н.д. N.d.a.	0,2	Н.д. N.d.a.	0,6	Н.д. N.d.a.	Н.д. N.d.a.	Н.д. N.d.a.	Н.д. N.d.a.
Кальций хлористый Calcium chloride	211,6	330,0	43,9	14,5	19,4	29,5	236,1	315,0	18,6	5,6	9,2	10,7	+2,7	−6,3	+2,5	+1,7
Гипохлориты, хлораты и перхлораты Hypochlorites, chlorates, and perchlorates	185	278,5	9,2	76,4	10,1	8,4	184,1	346,5	5,0	22,0	5,5	3,0	+2,4	+13,3	−1,1	+3,5
в т. ч. гипохлорит кальция including calcium hypochlorite	60,9	35,0	1,0	21,8	4,9	0,8	57,0	56,0	1,8	38,9	8,0	2,3	−3,0	+19,8	+10,0	−0,2

\* Н.д./N.d.a. – нет данных/no data available.

В условиях изменения объемов и направлений товарных потоков с 2014 г. несколько увеличился экспорт соли из России (рис. 2, f) с 20–30 тыс. т/год в 2002–20014 гг. до 109 тыс. т в 2019 г., причем основное увеличение приходится на Казахстан и Украину.

По видам использования соли (табл. 2) до 2018 г. преобладало производство и потребление пищевой соли (62–65 и 53–56 %, соответственно), но в результате значительного увеличения национальной добычи

в 2019 г. наметилось серьезное увеличение долей производства и потребления технической соли – до 53,5 и 54,7 %, соответственно. Следует отметить также тенденцию снижения объемов (и долей) импорта технической соли с 1078 тыс. т (68,1 %) в 2017 г. до 857 тыс. т (60,0 %) в 2019 г. Идет увеличение объемов экспорта и пищевой, и технической солей, но ввиду их малой размерности (n×10 тыс. т/год) эти изменения неактуальны.

**Таблица 2.** Динамика потоков соли по видам товарного использования за 2017–2019 гг. Составлено по данным Службы государственной статистики [7] и Таможенной службы РФ [8]

**Table 2.** Dynamics of salt flows by type of commodity use for 2017–2019. Compiled according to the State Statistics Service [7] and the Customs Service of the Russian Federation [8]

Виды товарного использования Types of commercial use	Соль пищевая/Table salt			Соль техническая/Technical salt		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Объемы, тыс. т/Volumes, thousand tons						
Производство/Production	2312,6	2360,1	2972,6	1399,5	1236,5	3415,5
Импорт/Import	504,8	498,0	570,3	1078,0	949,0	856,9
Экспорт/Export	47,8	53,1	54,8	31,8	44,6	54,2
Потребление/Consumption	2769,6	2805,0	3488,1	2445,7	2140,9	4218,2
Доли от суммарных объемов/Shares of total volumes, %						
Производство/Production	62,3	65,6	46,5	37,7	34,4	53,5
Импорт/Import	31,9	34,4	40,0	68,1	65,6	60,0
Экспорт/Export	60,1	54,4	50,3	39,9	45,6	49,7
Потребление/Consumption	53,1	56,7	45,3	46,9	43,3	54,7

Техническая соль чаще всего употребляется в химической промышленности. В табл. 1 и на рис. 3 приводятся данные по крупнотоннажным товарным продуктам, произведенным при переработке хлорида натрия. В 2019 г. произведено 3,4 млн т карбоната

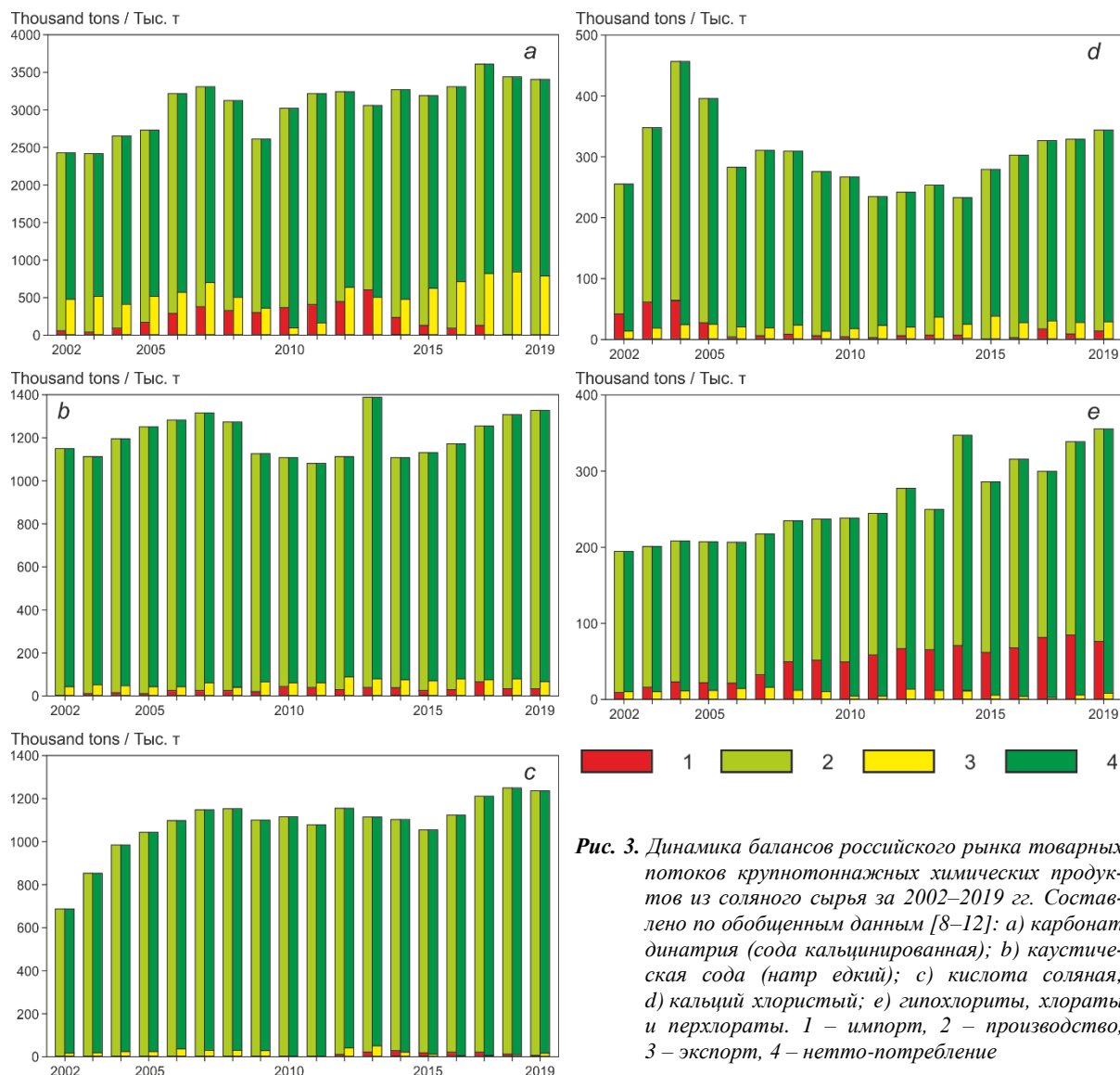
динатрия (кальцинированной соды), 1,3 млн т каустической соды, 1,2 млн т соляной кислоты, 450 тыс. т хлора и 278 тыс. т гипохлоритов. Имеется экспортный поток соды (до 500 тыс. т/год, или до 22 % от производства). Экспорт остальных химических про-

дуктов, производимых из каменной соли, незначителен – менее 5 % от их производства. Имеет место увеличение объемов импорта гипохлоритов, хлоратов и перхлоратов до 76 тыс. т в 2019 г. (22 % от потребления) с приростом +13 %/год, в т. ч. для гипохлорита кальция – до 22 тыс. т (39 % от потребления) и с приростом +20 %/год. Потребление продуктов, произведенных из соли, увеличивается во времени для соляной кислоты (до 1,2 млн т/год, +3,6 %/год) и гипохлоритов + хлоратов + перхлоратов (до 348 тыс. т/год, +3,5 %/год).

Главными потребителями хлорида натрия в химической промышленности являются содовые заводы АО «Башкирская содовая компания» (Башкортостан), АО «Березниковский содовый завод» и ПАО «Крым-

ский содовый завод», химические предприятия неорганического и органического синтеза АО «ВТЕ-Юго-Восток» и ООО «Метакхим» (г. Москва), ООО «Хлоренхим» (Московская обл.), ООО «Новомосковский хлор» (Тульская обл.), ПАО «Химпром» (Чувашия), АО «Каустик» (Волгоградская обл.), ПАО «Галополимер Пермь» (Пермский край), ООО «Химпром» (Кемеровская обл.), АО «Саянхимпласт» и Братский хлорный завод (Иркутская обл.) (рис. 1).

В нефтегазовой отрасли ежегодно используется до 300 тыс. т хлорида натрия для приготовления буровых растворов при бурении в многолетнемерзлых породах. В связи с расширением разработки нефтяных и газовых месторождений в Арктике и Восточной Сибири объемы потребления буровой соли могут возрасти.



**Fig. 3.** Dynamics of the balance sheets of the Russian market of commodity flows of multi-tonnage chemical products from salt raw materials for 2002–2019. Compiled according to generalized data [8–12]: a) disodium carbonate (soda ash); b) caustic soda (caustic soda); c) hydrochloric acid; d) calcium chloride; e) hypochlorites, chlorates and perchlorates. 1 – import, 2 – production, 3 – export, 4 – net consumption

Появился и новый быстро растущий рынок антигололедных материалов с использованием соляных

продуктов – собственно молотой соли, хлористого магния и хлористого кальция [19–21]. Емкость этого



рынка по солевому сырью уже превышает 500 тыс. т/год и он будет расти по аналогии с другими странами – к примеру, в США доля потребления соли на производство антигололедных материалов (от поставок технической соли) увеличилась с 30 % в 2000 г. до 43 % в 2020 г. [22].

Хлорид натрия является относительно дешевым сырьем, и поэтому его добыча основывается на экономических интересах потребителей, которые предпочитают наиболее близкие источники сырья (минимизация транспортных расходов), и производителей соли, выстраивающих стратегию минимальных издержек производства. Существует три технологические способа добычи соли: бассейновый, шахтный и геотехнологический.

*Бассейновый способ* представляет собой заготовку соли на озерах в естественных (самосадочных) и искусственных (садочных) бассейнах (оз. Баскунчак, оз. Бурлинское). Этот способ добычи является относительно простым и экономически весьма эффективным. Недостаток – неравномерность заготовок во времени ввиду влияния сезонности работ.

*Шахтный способ* добычи соли системой подземных горных выработок (разработки Соль-Илецкого, Верхнекамского и Тыретьского месторождений). Достоинства шахтного способа – возможность селективной разработки пластов солей разных видов, высокая управляемость производственным процессом при концентрации машинной техники и технологического оборудования [23–25]. Недостатки этого способа – большие потери солей в недрах (до 70 %), высокая опасность прорыва в выработки подземных вод, деформации земной поверхности. Для снижения опасности затоплений подземных выработок организуется опережающее замораживание околошахтных пород [26–28].

*Геотехнологический способ* разработки солей представляет собой организованный галургический передел с растворением в околоскважинном пространстве и кристаллизацией солей из поднятых на поверхность рассолов (разработки Усолье-Сибирского и Новомосковского месторождений). Геотехнологический способ имеет некоторые преимущества перед шахтным: возможность освоения месторождений соли на большую глубину и с более сложными условиями залегания продуктивных залежей, с низкими и менее выдержанными параметрами их качества и мощности, низкие удельные капитальные затраты, высокая производительность, более высокие показатели извлечения соли из недр. Имеется также возможность встраивания в технологические цепочки потребителей соляного сырья, когда соляные рассолы подаются непосредственно в цеха их переработки (производство соды и каустика в «Башкирской содовой компании», соляной кислоты в «Новомосковском хлоре», каустика в волгоградском «Каустике», каустика и поливинилхлорида в «Саянхимпласте», хлора на Братском хлорном заводе). Из недостатков следует отметить сложность управления горным давлением массива (обрушение кровли, вплоть до деформации земной поверхности).

### Обсуждение результатов обзора

Рынок хлорида натрия (каменной или поваренной соли) относится к крупнотоннажному, но дешевизна этого товарного продукта накладывает свои требования по логистике поставок сырья потребителям, экономичности новых проектов добычи соли и природоохранных ограничений [27–33].

Логистика поставок соляного сырья потребителям выбирается по принципу минимизации расстояний от источников сырья до центров их потребления. Главными потребителями поваренной соли является домохозяйства и предприятия пищевой промышленности, естественно, большей частью находящиеся в Европейской части России. Поэтому поставки соли с Прикаспийской («Бассоль», «Илецксо́ль»), и Московской («Новомосковск») соленосных провинций наиболее предпочтительны. Большинство химических предприятий также находятся западнее Урала, в т. ч. и непосредственно вблизи от центров добычи («Новомосковский хлор», «Башкирская содовая компания», «Березовский содовый завод», «Галополмер-Пермь»). Востребованы остались и уже устоявшиеся товарные потоки соли из Беларуси («Мозырь-соль») и Казахстана («Павлодар-соль»), а до введения санкций – и с Украины («Артем-соль»).

Существовавшая длительное время импортная зависимость России по потреблению каменной соли не была критичной, хотя и имела тенденция роста доли импорта до 2013 г. (рис. 2, в). Но следует отметить, что импортный поток с Украины заместился не увеличением национального производства соли, а повышением объемов импорта из Беларуси и Казахстана. Поставщики АО «Мозырь-соль», ТОО «Павлодар-соль», АО «Аралтуз» и ТОО «Inder Tuz Company» смогли значительно увеличить свои мощности добычи каменной соли, в то же время из российских источников увеличение поступлений было медленным.

Ресурсы каменной соли в России весьма велики, имеется значительное количество подготовленных к освоению месторождений. Увеличилось производство попутного хлористого натрия в ПАО «Уралкалий» с 0,76 млн т в 2015 г. до 1,8 млн т в 2019 г. Сформирован новый добывающий центр ПАО «Рус-соль» в Тульской области – ЦДПС «Новомосковск» на базе Новомосковского месторождения каменной соли. Рассматриваются инвестиционные проекты организации новых центров добычи каменной соли – на Белбажском (Нижегородская область, ПАО «Соль Руси») и Шедокском (Краснодарский край, Администрация Мостовского района) месторождениях.

Рост национального производства каменной соли опять же ограничивают транспортные возможности. Промышленные мощности соляной отрасли в самой большой по запасам Восточно-Сибирской провинции ограничены спросом потребления соли населением Сибири и Дальнего Востока, мощностями химических производств в Иркутской («Саянхимпром», Братский хлорный завод) и Кемеровской («Химпром») областях и небольшим пока спросом нефтегазовых предприятий Красноярского края, Иркутской области

и Республики Саха-Якутия. Организация здесь крупных новых центров добычи соли (Талаканское, Олекминское, Наманинское месторождения) и расширение действующих производств (Зиминское, Усолье-Сибирское, Тыретское месторождения) весьма проблематично. Появление новых участников на рынке предложения соли в Европейской части России (инвестиционные проекты Белбажского и Шедокского месторождений) также проблемно ввиду высоких рисков проектов и невысокой стоимости товарной соли. Реально осуществлять новые проекты выпуска хлорида натрия могут лишь крупные его производители, обладающие уже имеющимся техническим парком добычного оборудования и квалифицированным персоналом, а также способные привлечь значительные финансовые ресурсы (ПАО «Руссоль», АО «Башкирская содовая компания» и ПАО «Уралкалий»).

На озере Баскунчак, разрабатываемом ПАО «Руссоль», ранее добывалось до 5 млн т/год, а ныне не более 1,8 млн т/год [34]. Увеличение заготовки поваренной соли на этом месторождении не рекомендуется ввиду ограничения природного самосадочного процесса на уровне 1,7–1,8 млн т/год [35].

Возможности расширения производства шахтной добычи поваренной соли на Илецком месторождении ограничены – для крупных приращений необходимо создание нового шахтного поля или организация разработки нижних горизонтов месторождений, требующих значительных капитальных вложений [36, 37].

Наиболее предпочтительно увеличение объемов заготовки поваренной соли на Новомосковском месторождении, разрабатываемом геотехнологическим способом ЦДПС «Новомосковск» ПАО «Руссоль». Создание дополнительного поля эксплуатационных скважин и увеличение мощности выварочного производства поваренной соли не составляет сложности, все упирается в привлечение относительно небольших финансовых средств.

Осуществляется инвестиционный проект по производству выварочной поваренной соли (80 тыс. т/год) в волгоградском АО «Каустик» из рассолов, добываемых на Светлоярском месторождении.

Возможно также увеличение производства выварочной поваренной соли в АО «Башкирская содовая компания» из рассолов, добываемых на Яр-Бишкадакском месторождении.

Увеличение объемов национального производства технической соли наиболее реально путем расширения производства попутной добычи хлорида натрия при добыче калийных солей, что и осуществляется в ПАО «Уралкалий», а также может быть осуществлено на подготавливаемом к освоению Гремячинском месторождении калийных солей в Волгоградской области (проект Гремячинского ГОКа АО «МХК «ЕвроХим»).

Все чаще ставится вопрос об использовании в бальнеологических целях остановленных соляных промыслов (Сольвычегорское, Усть-Кутское, Дус-Дагское и др.), что в конечном итоге выведет многие соляные месторождения (в т. ч. находящиеся в эксплуатации) из объектов, перспективных для промыш-

ленной разработки [38–40]. Район озера Эльтон объявлен Национальным парком, что уже исключает промышленную добычу поваренной соли на этом уникальном месторождении.

Импорт соляного сырья остается значительным, но, учитывая экономические связи в рамках Таможенного союза, объемы поставок из Беларуси и Казахстана будут зависеть в основном от ценового фактора и в меньшей степени от наращивания национального производства хлористого натрия. Экспорт российской соли весьма незначителен и вряд ли будет системно увеличиваться.

### Выводы

Хлорид натрия, являясь широко распространенным и достаточно доступным минеральным сырьем, тем не менее оказался в рискованной зоне импортозависимости. Это является следствием невысокой стоимости самого сырья и проблемами привлечения значительных инвестиций для реализации новых проектов добычи и перекрытия дефицита потребления хлорида натрия.

Рост национального производства хлорида натрия (6,4 млн т в 2019 г.) с 2002 по 2019 г. составляет +3,5 %/год, и он отстает от роста потребления этого товарного продукта (+3,8 %/год). Рост производства каменной соли осуществлялся в основном за счет увеличения выпуска попутного технического хлорида натрия при добыче калийных солей ПАО «Уралкалий» (с 0,76 млн т в 2015 г. до 1,8 млн т в 2019 г.). Одновременно растет доля технического хлорида натрия в общих объемах потребления соли (до 55 % в 2019 г.). Увеличение потребления технической соли обусловлено ростом производства соляной кислоты (+3,5 %/год), гипохлоритов, хлоратов и перхлоратов (+2,4 %/год), а также значительным ростом производства и потребления антиобледенительных материалов.

Практически весь анализируемый период хлорид натрия являлся импортозависимым продуктом (до 2,4 млн т/год, или 45 % от национального потребления), и лишь в 2019 г. этот товар вышел из критической зоны импортной зависимости (1,4 млн т импорта или 18 %). Зависимость обусловлена устоявшимися товарными потоками каменной соли в экономическом пространстве СНГ, первоначально в основном с Украины. После политических санкций 2014 г. поток украинской соли был замещен увеличением импорта из Беларуси и Казахстана.

Сырьевая база каменной соли России практически не ограничена, но востребованы преимущественно объекты добычи вблизи от главных потребителей (населения в Европейской части России, пищевых и химических предприятий). Создание новых центров добычи каменной соли, как и расширение имеющихся производств хлористого натрия, проблемно ввиду невысокой стоимости этого товара. Поэтому темпы роста производства соли медленно замещали импортные потоки каменной соли на фоне опережающего роста ее национального потребления.

Наиболее предпочтительно увеличение объемов заготовки поваренной соли на объектах геотехноло-



гической разработки месторождений ПАО «Руссоль» (Новомосковское) и АО «Башкирская содовая компания» (Яр-Бишкардакское). Рост объемов добычи технической соли наиболее реален путем увеличения

производства попутного хлорида натрия при добыче калийных солей в ПАО «Уралкалий», а также в рамках подготавливаемого проекта строительства Гремячинского ГОКа АО «МХК «ЕвроХим».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минеральное сырье. Соли минеральные. Справочник / Ю.В. Баталин, Р.Р. Туманов, И.Н. Тихвинский, А.К. Вишняков, В.А. Хуснутдинов, В.А. Копейкин. – М.: Геоинформмарк, 1999. – 73 с.
2. Bolen W.P. Salt. Advance Release. 2016 Minerals Yearbook. U.S. Geological Survey. 2020. 23 p. URL: <https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/myb1-2016-salt.pdf> (дата обращения 01.11.2020).
3. Кондратьева И.Ф. Российская солевая индустрия: проблемы развития // Проблемы прогнозирования. – 2009. – № 3 (114). – С. 37–44.
4. Счисляева Е.Р., Миролюбова О.В., Сайченко О.А. Развитие сырьевых рынков: российский и международный рынок каменной соли. – СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2014. – 192 с.
5. Мехедькин А.А. Характеристика рынка соли в России и перспективы его развития // Управление рисками в АПК. – 2019. – № 3. – С. 27–50.
6. Пермяков Р.С. Горно-химическая промышленность России // Горный журнал. – 2015. – № 7. – С. 98–102. DOI: 10.17580/gzh.2015.07.13.
7. Федеральная служба государственной статистики России. URL: <https://gks.ru/emiss> (дата обращения: 28.02.2021).
8. Федеральная таможенная служба России. URL: <http://stat.customs.gov.ru/analysis> (дата обращения: 28.02.2021).
9. A world of information. UNdata. URL: <https://data.un.org/> (дата обращения: 28.02.2021).
10. TrendEconomy. URL: [dataexplorer \(trendconomy.ru\)](http://dataexplorer.trendeconomy.ru) (дата обращения: 28.02.2021).
11. Исследовательская группа ИНФОМАЙН. URL: <http://www.infomine.ru/> (дата обращения: 28.02.2021).
12. Иванов А.А., Воронова М.Л. Галогенные формации. – Л.: Недра, 1972. – 328 с.
13. Беленицкая Г.А. Литолого-геодинамический анализ соленосных осадочных бассейнов: дисс. ... д-ра геол.-минерал. наук. – СПб, 1999. – 351 с.
14. Conditions for the salt strata formation of the Upper Pechora Basin (Russia) / S.N. Shanina, A.R. Halamay, N.V. Sokerina, O.O. Ignatovich, V.P. Morozov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1920. – V. 516. – № 1. – Article number 012018. – P. 1–12. DOI: 10.1088/1755-1315/516/1/012018.
15. Норко С.И. История становления недропользования на Руси. Ч. 2. История добычи соли в России // Недропользование. XXI век. – 2011. – № 4. – С. 98–99.
16. Хатьков В.Ю., Боярко Г.Ю. Регулирование импорта дефицитного для России минерального сырья // Горный журнал. – 2005. – № 9–10. – С. 53–56.
17. Critical mineral resources of the United States – economic and environmental geology and prospects for future supply / K.J. Schulz, J.H. DeYoung, R.R. Seal, D.C. Bradley. – Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 2017. – 862 p. URL: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp1802> (дата обращения 28.02.2021).
18. Study on the review of the list of Critical Raw Materials. Critical Raw Materials Factsheets. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. – 515 p. URL: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7345e3e8-98fc-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en> (дата обращения 28.02.2021).
19. Hossain S.M.K., Fu L., Lu C.-Y. Deicing performance of road salt: modeling and applications // Transportation Research Record. – 2014. – V. 2440. – P. 76–84. DOI: 10.3141/2440-10.
20. Simulation and optimization of road deicing salt usage based on Water-Ice-Salt / H.-C. Dan, J.-W. Tan, Y.-F. Du, J.-M. Cai // Cold Regions Science and Technology. – 2020. – V. 169. – № 1. – Article number 102917. – P. 1–10. DOI: 10.1016/j.coldregions.2019.102917.
21. Settling of road-deposited sediment: influence of particle density, shape, low temperatures, and deicing salt / S.H. Rommel, L. Gelhardt, A. Welker, B. Helmreich // Water (Switzerland). – 2020. – V. 12. – № 11. – Article number 3126. – P. 1–15. DOI: 10.3390/w12113126.
22. Mineral commodity summaries 2021. U.S. Geological Survey, 200 p. URL: <https://doi.org/10.3133/mcs2021> (дата обращения 28.02.2021).
23. Häge K. German mining industry going global // Erzmetall: Journal for Exploration, Mining and Metallurgy. – 2002. – V. 55. – № 12. – P. 637–644.
24. Semenow V., Maltcher M., Petrow W. Russische Vortriebs- und Gewinnungsmaschinen für die Gewinnung von Kali- und Steinsalzen // Gluckauf: Die Fachzeitschrift für Rohstoff, Bergbau und Energie. – 2006. – V. 142. – № 11. – P. 505–508.
25. Соловьев В.А., Секунцов А.И. Техничко-технологические решения по повышению производительности комбайновых комплексов на рудниках Верхнекамского месторождения // Горный журнал. – 2015. – № 2. – С. 47–50. DOI: 10.17580/gzh.2015.02.08.
26. Dorn E., Kaledin O. Moderne und innovative Schachtbautechnik am Beispiel aktueller Abteufprojekte // Geomechanik und Tunnelbau. – 2013. – V. 6. – № 5. – P. 574–581. DOI: 10.1002/geot.201300029.
27. Еременко В.А., Косырева М.А. Геомеханическое обеспечение проектирования отработки запасов каменной соли // Научный вестник Арктики. – 2017. – № 2. – С. 5–18.
28. Зубов В.П. Применяемые технологии и актуальные проблемы ресурсосбережения при подземной разработке пластовых месторождений полезных ископаемых // Горный журнал. – 2018. – № 6. – С. 77–83. DOI: 10.17580/gzh.2018.06.16.
29. Substantiation of convergent technology data for the Ilets rocksaltmining / V.A. Eremenko, Yu.P. Galchenko, N.G. Vysotin, M.A. Kosyrev, E.D. Yakusheva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – V. 523. – № 1. – Article number 0120302019. – P. 1–10. DOI: 10.1088/1755-1315/523/1/012030.
30. Spachtholz F.X. Rohstoffeffizienz im Kali- und Steinsalzbergbau // Chemie-Ingenieur-Technik. – 2010. – V. 82. – № 11. – P. 1871–1879. DOI: 10.1002/cite.201000128.
31. Joint projects on the comparison of constitutive models for the mechanical behavior of rock salt I. Overview of the projects, reference mine for 3-D benchmark calculations, in-situ measurements and laboratory tests / K. Salzer, R.-M. Günther, W. Minkley, T. Popp, M. Wiedemann, A. Hampel, A. Pudewills, B. Leuger, D. Zapf, K. Staudtmeister, R. Rokahr, K. Herchen, R. Wolters, K.-H. Lux // Mechanical Behavior of Salt VII. Proc. of the 7th Conference on the Mechanical Behavior of Salt. – Paris, 2012. – P. 221–230.
32. Mechanism of groundwater inrush hazard caused by solution mining in a multilayered rock-salt-mining area: A case study in Tongbai, China / B. Zeng, T. Shi, Z. Chen, L. Xiang, S. Xiang, M. Yang // Natural Hazards and Earth System Sciences. – 2018. – V. 18. – № 1. – P. 79–90. DOI: 10.5194/nhess-18-79-2018.
33. Von der idee zum Gewinnungsbergwerk – Komplexe anforderungen an die planung im kaliuna steinsalzbergbau des 21. Jahrhunderts / S. Engler, C. Ackermann, T. Teichert, H. Rauche // World of Mining – Surface and Underground. – 2019. – V. 71. – № 2. – P. 93–102.
34. Ахмадов А.-Н.Н. Геоэкологические проблемы озера Баскунчак, связанные с освоением природных ресурсов // Вестник современных исследований. – 2018. – № 12–14 (27). – С. 43–47.
35. Зеленковский П.С., Куриленко В.В. Природно-техногенная система соляного озера Баскунчак и особенности эксплуатации её ресурсов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2013. – № 4. – С. 33–52.
36. Мозер С.П., Ковалёв О.В., Тхориков И.Ю. Опыт разработки Илецкого месторождения каменной соли // Горный журнал. – 2015. – № 9. – С. 59–62. DOI: 10.17580/gzh.2015.09.13.

37. Геомеханическое обеспечение проектирования отработки запасов каменной соли на Илецком месторождении / В.Н. Захаров, Е.В. Федоров, В.А. Еременко, Д.В. Лагутин // Горный журнал. – 2018. – № 2. – С. 41–47. DOI: 10.17580/gzh.2018.02.06.
38. Аракчаа К.К.Д., Камбалина М.Г. Перспективы освоения Дус-Дагского месторождения каменной соли республики Тыва // Вестник Тувинского государственного университета. Естественные и сельскохозяйственные науки. – 2014. – № 2. – С. 99–104.
39. Николаев А.А. Эколого-географическое обоснование планируемого природного парка «Кемпендэй» в Республике Саха (Якутия) // Проблемы и перспективы современной науки. – 2017. – № 17. – С. 11–19.
40. About a problem of post-industrialisation of salt-mining European towns / V.P. Petrishev, S.A. Dubrovskaya, S.Y. Noreika, R.V. Riakhov, N.V. Petrisheva // Euro-eco Hannover 2014. Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Internationaler Kongress Fachmesse. – Hannover, 2014. – P. 133–134.

Поступила 12.05.2021 г.

#### Информация об авторах

**Боярко Г.Ю.**, доктор экономических наук, кандидат геолого-минералогических наук, профессор, Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

**Хатьков В.Ю.**, начальник департамента, ПАО Газпром; соискатель нефтегазового отделения Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

UDC 339.13:553.631

## CURRENT STATE OF THE RUSSIAN SALT INDUSTRY

Grigory Yu. Boyarko<sup>1</sup>,  
gub@tpu.ru

Vitaly Yu. Khatkov<sup>1,2</sup>,  
V.Khatkov@adm.gazprom.ru

<sup>1</sup> National Research Tomsk Polytechnic University,  
30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia.

<sup>2</sup> Gazprom PJSC,  
2, Pobedy square, St. Petersburg, 196143, Russia.

**The relevance** of the work is caused by the need to study the state of the Russian salt industry in the presence of significant import dependence on sodium chloride.

**The aim** of the research is to study the dynamics of commodity flows (production, import, export, consumption) of sodium chloride and the commodity products produced from it, their prices (world, Russian imports and exports), the raw material base of rock salt in Russia and the prospects for increasing its national production.

**Methods:** statistical, graphical, logical.

**Results.** The Russian salt industry, despite significant production volumes (up to 6,5 million tons/year) and consumption growth (+3,8 %/year, to 7,8 million tons/year), has long been an import-dependent industry, importing up to 2,4 million tons/year or up to 45 % of national consumption. Only in 2019, the share of imports of rock salt decreased to 18 %. The dependence is caused by the established commodity flows of rock salt in the CIS economic space, initially mainly from Ukraine. After the political sanctions of 2014, the flow of Ukrainian salt was replaced by an increase in imports from Belarus and Kazakhstan. The raw material base of rock salt in Russia is practically unlimited, but production facilities are mainly in demand near the main consumers (the population of the European part of Russia and chemical enterprises in the West of the country). The factor of transport logistics for rock salt is crucial. The creation of new centers for rock salt extraction as well as the expansion of existing production of sodium chloride are problematic due to the low cost of this product. Therefore, the rate of salt production slowly replaced imported flows of rock salt against the background of faster growth of its national consumption. The increase in the national production of rock salt was mainly due to an increase in the production of associated technical sodium chloride in manufacturing potash salts of PJSC «Uralkali» (from 0,76 million tons in 2015 to 1,8 million tons in 2019). The increase in industrial salt consumption is caused by the growth in the production of hydrochloric acid (+3,5 %/year), hypochlorites, chlorates and perchlorates (+2,4 %/year), as well as a significant increase in the consumption of de-icing materials. The growth in volume of table salt preparation is possible at the objects of geotechnological development of the fields of PJSC Russol and JSC Bashkir Soda Company. The increase in industrial salt production is most real by increasing the yield of associated sodium chloride in the production of potash salts in PJSC «Uralkali», and also under the forthcoming project of construction of the Gremyachinskoe GOK JSC «MCC "EuroChem"».

**Key words:**

Russian salt industry, raw material base, industrial salt, food salt, production, import, consumption, import dependence.

**REFERENCES**

1. Batalin Yu.V., Tumanov R.R., Tikhvinskiy I.N., Vishnyakov A.K., Khusnutdinov V.A., Kopeykin V.A. *Mineralnoe syre. Soli mineralnye. Spravochnik* [Mineral raw material. Mineral salts. Guide]. Moscow, Geoinformmark Publ., 1999. 73 p.
2. Bolen W.P. *Salt. Advance Release. 2016 Minerals Yearbook*. U.S. Geological Survey, 2020. 23 p. Available at: <https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/myb1-2016-salt.pdf> (accessed 28 February 2021).
3. Kondratyeva I.F. Russia's salt industry: Problems of development. *Studies on Russian Economic Development*, 2009, vol. 20, no. 3. pp. 254–258. DOI: 10.1134/S1075700709030034.
4. Schislyayeva E.R., Mirolyubova O.V., Saychenko O.A. *Razvitie syrevykh rynkov: rossiyskiy i mezhdunarodnyy rynek kamennoy soli* [Development of raw materials markets: Russian and international rock salt market]. St-Petersburg, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University Publ., 2014. 192 p.
5. Mekhedkin A.A. Characteristics of the salt market in Russia and prospects for its development. *Risk management in the agro-industrial complex*, 2019, no. 3, pp. 27–50. In Rus.
6. Permyakov R.S. Mining and chemical industry of Russia. *Gornyy zhurnal*, 2015, no. 7, pp. 98–102. In Rus. DOI: 10.17580/gzh.2015.07.13.
7. *Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossii* [Federal state statistics service of Russia]. Available at: <https://gks.ru/emiss> (accessed 28 February 2021).
8. *Federalnaya tamozhennaya sluzhba Rossii* [Federal customs service of Russia]. Available at: <http://stat.customs.gov.ru/analysis> (accessed 28 February 2021).
9. *A world of information*. UNdata. Available at: <https://data.un.org/Search.aspx?q=molybdenum> (accessed 28 February 2021).
10. *TrendEconomy*. Available at: [dataexplorer \(trendconomy.ru\)](http://dataexplorer.trendeconomy.ru) (accessed 28 February 2021).
11. *Issledovatel'skaya gruppa INFOMAJN* [INFOMINE research group] Available at: <http://www.infomine.ru/> (accessed 28 February 2021).
12. Ivanov A.A., Voronova M.L. *Galogennye formatsii* [Halogen formations]. Leningrad, Nedra Publ., 1972. 328 p.
13. Belenitskaya G.A. *Litologo-geodinamicheskiy analiz solenosnykh osadochnykh bassejnov*. Dis. Dokt nauk [Litho-geodynamic analysis of sedimentary basins of the salt. Dr. Diss.]. St-Petersburg, 1999. 351 p.
14. Shanina S.N., Halamay A.R., Sokerina N.V., Ignatovich O.O., Morozov V.P. Conditions for the salt strata formation of the Upper Pechora Basin (Russia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1920, vol. 516, no. 1, article number 012018, pp. 1–12. DOI: 10.1088/1755-1315/516/1/012018.
15. Norko S.I. *Istoriya stanovleniya nedropolzovaniya na Rusi. Ch. 2. Istoriya dobychi soli v Rossii* [The history of the formation of sub-surface use in Russia. P. 2. History of salt mining in Russia]. *Nedropolzovanie XXI vek*, 2011, no. 4, pp. 98–99.

16. Khatkov V.Yu., Boyarko G.Yu. Regulation of imports of mineral raw materials that are scarce in Russia. *Gorny zhurnal*, 2005, no. 9–10, pp. 53–56. In Rus.
17. Schulz K.J., DeYoung J.H., Seal R.R., Bradley D.C. *Critical mineral resources of the United States – economic and environmental geology and prospects for future supply*. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey, 2017. 862 p. Available at: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp1802> (accessed 28 February 2021).
18. *Study on the review of the list of Critical Raw Materials. Critical Raw Materials Factsheets*. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2017. 515 p. Available at: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7345e3e8-98fc-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en> (accessed 28 February 2021).
19. Hossain S.M.K., Fu L., Lu C.-Y. Deicing performance of road salt: modeling and applications. *Transportation Research Record*, 2014, vol. 2440, pp. 76–84. DOI: 10.3141/2440-10.
20. Dan H.-C., Tan J.-W., Du Y.-F., Cai J.-M. Simulation and optimization of road deicing salt usage based on Water-Ice-Salt. *Cold Regions Science and Technology*, 2020, vol. 169, no. 1, article number 102917, pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.coldregions.2019.102917.
21. Rommel S.H., Gelhardt L., Welker A., Helmreich B. Settling of road-deposited sediment: Influence of particle density, shape, low temperatures, and deicing salt. *Water (Switzerland)*, 2020, vol. 12, no. 11, article number 3126, pp. 1–15. DOI: 10.3390/w12113126.
22. *Mineral commodity summaries 2021*. U.S. Geological Survey. Reston, Virginia, 2021. 200 p. Available at: <https://doi.org/10.3133/mcs2021> (accessed 28 February 2021).
23. Häge K. German mining industry going global. *Erzmetall: Journal for Exploration, Mining and Metallurgy*, 2002, vol. 55, no. 12, pp. 637–644.
24. Semenow V., Maltscher M., Petrow W. Russian roadheading and winning machines for the extraction of potash and rock salts. *Gluckauf: Die Fachzeitschrift für Rohstoff, Bergbau und Energie*, 2006, vol. 142, no. 11, pp. 505–508. In Germ.
25. Solovyev V.A., Sekuntsov A.I. Technical and technological solutions to increase the productivity of combine complexes at the Verkhnekamskoye field mines. *Gorny zhurnal*, 2015, no. 2, pp. 47–50. In Rus. DOI: 10.17580/gzh.2015.02.08.
26. Dorn E., Kaledin O. Modern and innovative shaft sinking and construction technology with examples from current projects. *Geomechanik und Tunnelbau*, 2013, vol. 6, no. 5, pp. 574–581. In Germ. DOI: 10.1002/geot.201300029.
27. Eremenko V.A., Kosyreva M.A. Geomechanical support for the design of mining of rock salt reserves. *Scientific Bulletin of the Arctic*, 2017, no. 2, pp. 5–18. In Rus.
28. Zubov V.P. Applied technologies and actual problems of resource saving in underground development of reservoir mineral deposits. *Gorny zhurnal*, 2018, no. 6, pp. 77–83. In Rus. DOI: 10.17580/gzh.2018.06.16.
29. Eremenko V.A., Galchenko Yu.P., Vysotin N.G., Kosyreva M.A., Yakusheva E.D. Substantiation of convergent technology data for the Ilets rocksaltmining. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 523, no. 1, article number 0120302019, pp. 1–10. DOI: 10.1088/1755-1315/523/1/012030.
30. Spachtholz F.X. Ressource efficiency in potash and rock salt mining. *Chemie-Ingenieur-Technik*, 2010, vol. 82, no. 11, pp. 1871–1879. In Germ. DOI: 10.1002/cite.201000128.
31. Salzer K., Günther R.-M., Minkley W., Popp T., Wiedemann M., Hampel A., Pudewills A., Leuger B., Zapf D., Staudtmeister K., Rokahr R., Herchen K., Wolters R., Lux K.-H. Joint projects on the comparison of constitutive models for the mechanical behavior of rock salt I. Overview of the projects, reference mine for 3-D benchmark calculations, in-situ measurements and laboratory tests. *Mechanical Behavior of Salt VII. Proc. of the 7<sup>th</sup> Conference on the Mechanical Behavior of Salt*. Paris, 2012. pp. 221–230.
32. Zeng B., Shi T., Chen Z., Xiang L., Xiang S., Yang M. Mechanism of groundwater inrush hazard caused by solution mining in a multilayered rock-salt-mining area: a case study in Tongbai, China. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 79–90. DOI: 10.5194/nhess-18-79-2018.
33. Engler S., Ackermann C., Teichert T., Rauche H. From an idea to a producing mine. Complex demands on engineering in potash and rock salt mining of the 21<sup>st</sup> century. *World of Mining – Surface and Underground*, 2019, vol. 71, no. 2, pp. 93–102. In Germ.
34. Ahmadvov A.-N.N. Geo-ecological problems of lake Baskunchak associated with the development of natural resources. *Bulletin of the modern research*, 2018, no. 12–14 (27), pp. 43–47. In Rus.
35. Zelenkovskiy P.S., Kurilenko V.V. Natural and technogenic system of the Baskunchak salt lake and features of its resources exploitation. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 2013, no. 4, pp. 33–52. In Rus.
36. Mozer S.P., Kovalyov O.V., Thorikov I.Yu. Experience in the development of the Iletsk rock salt deposit. *Gorny zhurnal*, 2015, no. 9, pp. 59–62. In Rus. DOI: 10.17580/gzh.2015.09.13.
37. Zaharov V.N., Fedorov E.V., Eremenko V.A., Lagutin D.V. Geomechanical support for the design of mining of rock salt reserves at the Iletsk field. *Gorny zhurnal*, 2018, no. 2, pp. 41–47. In Rus. DOI: 10.17580/gzh.2018.02.06.
38. Arakchaa K.K.D., Kambalina M.G. Perspektivy osvoeniya Duskogogo mestorozhdeniya kamennoj soli respubliki Tyva [Prospects for the development of the Dus-Dag rock salt Deposit in the Republic of Tyva]. *Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye i sel'skhozaystvennye nauki*, 2014, no. 2, pp. 99–104.
39. Nikolaev A.A. Ecological and geographical justification of the planned natural Park «Kempendyai» in the Republic of Sakha (Yakutia). *Problems and prospects of modern science*, 2017, no. 17, pp. 11–19. In Rus.
40. Petrishev V.P., Dubrovskaya S.A., Noreika S.Y., Riakhov R.V., Petrisheva N.V. About a problem of post-industrialisation of salt-mining European towns. *Euro-eco Hannover 2014. Internationaler Kongress Fachmesse. Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung*. Hannover, 2014. pp. 133–134.

Received: 12 May 2021.

#### Information about the authors

**Grigory Yu. Boyarko**, Dr. Sc., Cand. Sc., professor, National Research Tomsk Polytechnic University.

**Vitaly Yu. Khatkov**, department head, Gazprom PJSC; degree applicant, National Research Tomsk Polytechnic University.