

## РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Научная статья  
УДК 332:665.72  
doi:10.46554/1993-0453-2023-10-228-26-37

### Региональные аспекты формирования процесса по производству сжиженного природного газа

Ольга Анатольевна Бабордина<sup>1</sup>, Алексей Валерьевич Васильчиков<sup>2</sup>,  
Евгений Владимирович Франк<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

<sup>1</sup> obabordina@mail.ru

<sup>2</sup> vav309@yandex.ru

<sup>3</sup> frank.ev@samgtu.ru

**Аннотация.** Геополитическая ситуация современного периода определяет интерес к сжиженному газу как в России, так и за рубежом. В статье представлены и обоснованы региональные факторы, обеспечивающие оптимальное выполнение процесса строительства линии по производству сжиженного природного газа, а также процессов его хранения и транспортировки, что и явилось целью исследования. Для реализации поставленной цели в научной работе намечены задачи, направленные на анализ, обоснование, выбор и построение оптимального процесса производства продукции для использования производственных возможностей региона на предприятиях нефтегазового комплекса, образующих его инфраструктуру. Выбор технологических факторов обусловлен анализом имеющихся технических параметров и условий эксплуатации с помощью симулятора, основанного на управлении состоянием СПГ, моделировании линии производства с оптимальными затратами энергопотребления и максимальной производительностью. В результате исследования выделены наиболее важные переменные процесса и ограничения, которые непосредственно влияют на производительность, производство, хранение и транспортировку СПГ. Выявленные технологические условия для производства СПГ во многом зависят от подхода к управлению процессом и его параметров, основанных на анализе чувствительности к давлению в колонне стабилизатора, температуре подачи стабилизатора, температуре газа, а также от высококвалифицированных специалистов как важного фактора реализации соответствующего процесса.

**Ключевые слова:** факторы производства, оптимизация, региональные условия, хранение, сжиженный природный газ, СПГ, производство сжиженного газа, бизнес-процессы, средства производства, инфраструктура региона

#### **Основные положения:**

- ♦ базовыми положениями организации процесса по производству сжиженного газа являются региональные факторы и возможность их развития;
- ♦ региональные условия, инфраструктура территории способствуют выбору факторов производства, обеспечивающих процесс производства сжиженного природного газа;
- ♦ выбор факторов производства обеспечивается анализом составных элементов процесса и их экономической оценкой.

**Для цитирования:** Бабордина О.А., Васильчиков А.В., Франк Е.В. Региональные аспекты формирования процесса по производству сжиженного природного газа // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2023. № 10 (228). С. 26–37. doi:10.46554/1993-0453-2023-10-228-26-37.

## REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

Original article

### Regional aspects of the formation of the production process of liquefied natural gas

Olga A. Babordina<sup>1</sup>, Alexey V. Vasilchikov<sup>2</sup>, Evgeny V. Frank<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Samara State Technical University, Samara, Russia

<sup>1</sup> obabordina@mail.ru

<sup>2</sup> vav309@yandex.ru

<sup>3</sup> frank.ev@samgtu.ru

**Abstract.** The geopolitical situation of the modern period determines the interest in liquefied natural gas (LNG) both in Russia and abroad. The article presents and substantiates regional factors that ensure optimal performance of the construction process of a liquefied natural gas production line, as well as its storage and transportation processes, which was the purpose of this research. To achieve this goal, the scientific work defines tasks aimed at analyzing, substantiating, selecting and building an optimal production process for using the production capabilities of the region at the enterprises of the oil and gas complex that form its infrastructure. The choice of technological factors is determined by the analysis of available technical parameters and operating conditions using a simulator based on LNG condition management, modeling of a production line with optimal energy consumption and maximum productivity. As a result of the study, the most important process variables and constraints that directly affect the productivity, production, storage and transportation of LNG are highlighted. The identified technological conditions for LNG production largely depend on the approach to process management and its parameters based on the analysis of sensitivity to pressure in the stabilizer column, stabilizer supply temperature, gas temperature, as well as highly qualified specialists as an important factor in the implementation of the corresponding process.

**Keywords:** factors of production, optimization, regional conditions, storage, liquefied natural gas, LNG, liquefied gas production, business processes, means of production, infrastructure of a region

**Highlights:**

- ◆ the basic provisions of the organization of the liquefied gas production process are regional factors and the possibility of their development;
- ◆ regional conditions and the infrastructure of the territory contribute to the selection of production factors that ensure the production process of liquefied natural gas;
- ◆ the choice of production factors is provided by the analysis of the constituent elements of the process and their economic assessment.

**For citation:** Babordina O.A., Vasilchikov A.V., Frank E.V. Regional aspects of the formation of the production process of liquefied natural gas // Vestnik of Samara State University of Economics. 2023. No. 10 (228). Pp. 26–37. (In Russ.). doi:10.46554/1993-0453-2023-10-228-26-37.

#### Введение

Развитие научно-технического прогресса, увеличение объемов производства, расширение номенклатуры продукции и предоставление многочисленных услуг сопровождаются увеличением использования энергетических ресурсов. В современных условиях хозяйствования предприятия топливно-энергетического комплекса должны выбирать наиболее

эффективный способ применения сырья для выработки нужного вида и количества энергии.

Одним из источников сырья для функционирования предприятия является сжиженный природный газ. Процесс производства СПГ доминирует на энергетическом рынке, несмотря на проблемы, сопровождающие его реализацию и дальнейшую транспортировку.

Геополитика всех стран мира способствует динамичному развитию рынка газа.

Несмотря на происходящие мировые события, интерес к сжиженному газу растет как в России, так и за рубежом. На рисунке представлены объем мирового потребления СПГ с 2019 по 2022 г. и прогноз до 2026 г., построенный по данным аналитического отдела ПАО «Газпромбанк». Данная динамика характеризует увеличение спроса на этот продукт, который вызван санкционной политикой, направленной на отказ от российского трубопроводного газа.

Крупнейшими мировыми поставщиками сжиженного природного газа являются США, Катар, Австралия, Малайзия и Россия. На их долю в 2021 г. пришлось более половины мирового предложения.

Международная ситуация 2022 г. изменила как отечественные взгляды, так и зарубежное отношение к российскому газу. На рынке наблюдается борьба за сферы влияния через политическое давление и дипломатическую манипуляцию. Отказ Европы после 24 февраля 2022 г. от российского трубопроводного газа вывел США на первое место по

экспорту СПГ. Прогноз на долгосрочную перспективу производства сжиженного природного газа на мировом рынке указывает на его снижение. Данному факту будут способствовать развитие и дальнейшее удешевление возобновляемых источников в условиях сложной геополитической обстановки в мире и энергетического кризиса.

Настоящий момент времени для России характеризуется переориентацией экспорта газа с трубопроводного на танкерный СПГ. Длительный период времени Россия делала ставку на транспортировку газа по трубопроводам в силу своего географического расположения по отношению к потребителям. Данная перестройка показывает возрастающую потребность в формировании региональной инфраструктуры, применении высокоэффективного отечественного оборудования и технологических решений при строительстве линий производства СПГ. Необходимость уточнения региональных факторов при разработке оптимальных технологических решений для производства, хранения и транспортировки СПГ и определяет актуальность выполнения данного исследования.

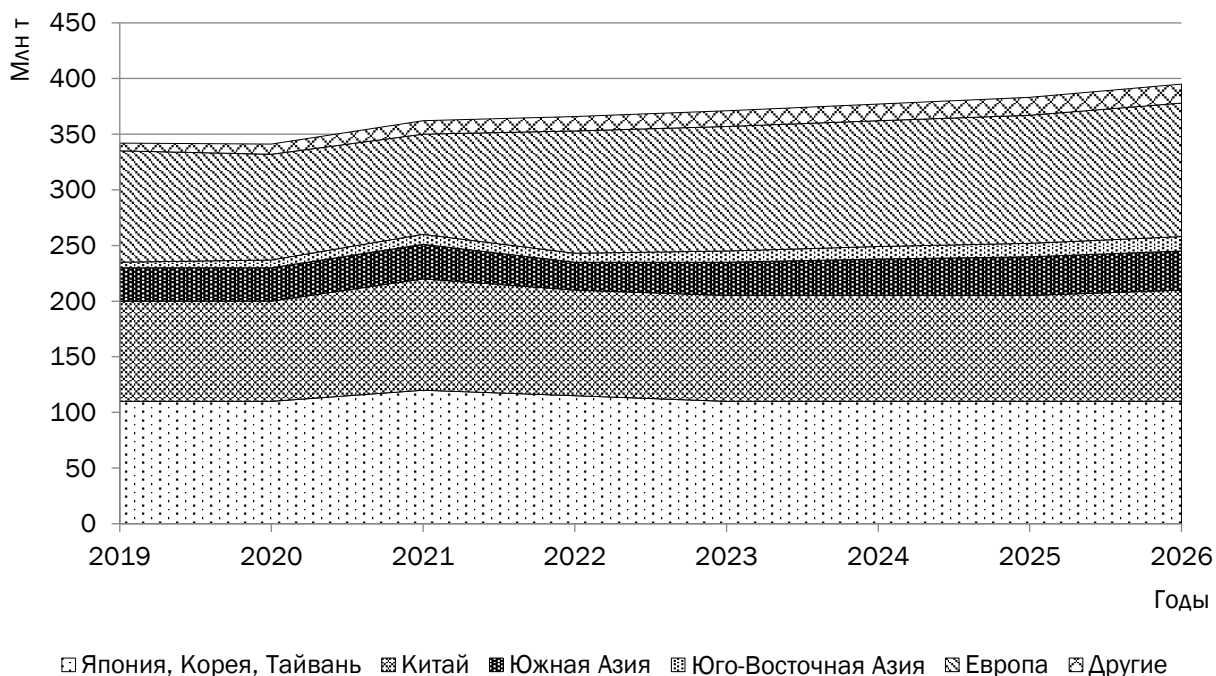


Рис. Мировое потребление СПГ\*

\* Составлено на основании данных, представленных в аналитическом отчете ПАО «Газпромбанк», февраль 2023 г. URL: <https://gazprombank.investments/blog/questions/spg-market/> (дата обращения: 16.08.2023).

Цель исследования – определение региональных аспектов для формирования условий проектирования строительства линии по производству СПГ.

В качестве предмета исследования выступает процесс производства СПГ со всеми его особенностями производства, хранения и дальнейшей транспортировки до потребителя.

Для осуществления поставленной цели намечены следующие задачи:

- ◆ изучение зарубежного и отечественного опыта применения технологий при строительстве линии по производству СПГ;

- ◆ описание методов управления процессами моделирования оптимальных условий производства СПГ;

- ◆ определение региональных факторов для реализации возможных технологических решений по налаживанию производства и оптимизации хранения и транспортировки СПГ.

Для реализации поставленных Президентом России В.В. Путиным задач по повышению технологической независимости необходимо уделить особое внимание оптимизации технологического процесса и условиям его функционирования с учетом регионального аспекта размещения производства, что сделает российский газ еще более качественным, повысит его конкурентоспособность и стоимость.

### Методы

Реализация поставленных в данном исследовании задач обеспечивает выбор региональных факторов, таких как экономические, географические, природные, и технологических условий, которые будут способствовать эффективности производства. Этот выбор основан на анализе составных элементов, обеспечивающих построение процесса производства сжиженного природного газа. Авторами настоящего исследования в научной работе «Рациональное размещение предприятий нефтегазового комплекса в современных условиях» [1] представлены особенности, формирующие научный и практический подходы к выбору местоположения соответствующего производства. Это является первопричиной выбора места строительства нужного объекта.

Одним из первых региональных аспектов выступает территория под планируемое произ-

водство. В основе выбора места строительства объектов нефтегазовой отрасли лежит теория оптимального местоположения предприятия. Исследованием данной теории занимались выдающие научные деятели разных периодов времени, которые основывались на развитии экономических и производственных систем. Значимость использования указанной теории остается актуальной и в настоящий период. Развитию теории размещения производительных сил послужила работа И. фон Тюнена «Изолированное государство в его отношении к сельскому хозяйству и национальной экономике». Он рассматривает экономику не как точечную, а как пространственную структуру с необходимыми субъектами и их взаимосвязями для эффективной деятельности в соответствующем регионе [2]. Интерес к проблемам территориального экономического устройства нашей страны проявляли такие выдающиеся ученые, как М. Ломоносов, А. Радищев, Д. Менделеев, Н. Чернышевский [1].

Основными региональными факторами при использовании данной теории рассматривались такие, как циклическое развитие, расположенность производителей и потребителей относительно друг друга, особенности климатических и географических условий, влияющих на систему стратегического планирования и развития соответствующей территории. Для реализации задач, направленных на размещение производства, следует применять один из основных принципов – минимальное удаление производства от источника сырья и используемых ресурсов на производство готовой продукции. Специфика нефтегазовой отрасли направлена на применение интегрированного подхода к использованию производственных факторов при организации процесса производства. Это осуществляется с помощью производственных систем, объединенных в единую экономическую цепочку, обеспечивающую проведение процесса производства сжиженного газа на принципах минимизации затрат на всех его стадиях. Эффективность функционирования любой производственной системы данной отрасли обеспечивается непрерывностью всех этапов жизненного цикла продукта. Каждый этап производства должен быть обеспечен всеми необходимыми ресурсами и

производственными факторами, которые выбираются в соответствии со сложностью технологических, энергетических, транспортных, экологических условий для реализации поставленных задач. Только их комплексное использование повлияет на успех предприятия и его конкурентоспособность, создаст условия другим хозяйствующим субъектам региона для разработки, освоения и использования инноваций, внедрения импортозамещающих и ресурсосберегающих технологий, что и даст возможность реализации процесса производства сжиженного природного газа [1].

Необходимость и важность развития технологий по производству и дальнейшей транспортировке СПГ направлены на формирование соответствующих факторов, в качестве которых выступают: труд (технология производства, условия труда), капитал (средства производства, необходимые для реализации выбранной технологии), земля, предпринимательские возможности (способность работников реализовать поставленные задачи). Названные факторы участвуют при построении бизнес-процессов, обеспечивая функционирование каждого и взаимодействие друг с другом. Выстраивание зависимостей может быть основано на методе управления проектами. Данный метод позволяет определять комбинацию установленных параметров и результативно управлять ими на протяжении всего жизненного цикла производства продукта [3].

Управление проектом выполняет функцию планирования и регулирования комплекса мероприятий, разработанных для координации всех ресурсов и производственных факторов, обеспечивающих реализацию поставленной цели. Достижение проектных задач основано на взаимодействии бизнес-процессов в пространстве и во времени. Указанные факторы направлены на проектирование организационной структуры объекта строительства с учетом размещения производственных систем по территориальному признаку и времени выполнения соответствующего процесса. Пространство и время определяют форму размещения производства и оказывают влияние на установление условий непрерывности производственного процесса [4].

Непрерывность производственного процесса осуществляется с помощью процессного подхода [5], при котором более точно можно исследовать структуру и механизм функционирования объекта или процесса и выбрать наиболее эффективные инструменты их взаимодействия.

Особое внимание уделяется использованию имитационных моделей, цифровых технологий в проектном управлении. Их применение рассматривается не только для оптимизации процессов, проверки их экономической эффективности, но и для обеспечения реалистичных сценариев развития нефтегазовой отрасли [6].

Исследования российских авторов [7] указывают на необходимость внедрения инноваций в управление бизнес-процессами нефтегазовой промышленности, которые обеспечивают не только увеличение добычи сырья и сокращение потерь при поиске и разработке новых нетрадиционных месторождений, но и являются инструментом повышения конкурентных преимуществ.

Применение цифровых технологий при строительстве буровых скважин, первого этапа жизненного цикла процесса производства СПГ, выступает продолжением исследования коллектива авторов [8], связанного с реализацией производственных процессов в условиях изменяющейся внутренней среды нефтегазового предприятия и использованием облачных платформ [9].

Модель линии по производству СПГ создается из различных информационных модулей (геологического, наземного, технико-технологического, экономического и др.), позволяющих рассчитывать, описывать, анализировать и прогнозировать технологические процессы и операции, осуществлять изменение параметров во времени в определенном диапазоне условий, запланированных в ходе проектирования и дальнейшей реализации процесса [10].

Практика реализации подобного рода процессов показывает, что применение инновационных технологий невозможно без высококвалифицированных специалистов как производственного фактора, указывающего на способность выполнения поставленных задач, со-

здания интеллектуальной сети взаимодействия бизнес-процессов для поиска информации, формирования базы данных, анализа установленных процедур. Данная нейросеть будет обеспечивать разработку и дальнейшую реализацию управленческих решений.

Производственный процесс, основанный на цифровизации, должен обладать искусственным интеллектом и обеспечивать управление бизнес-процессами по запланированным, желаемым результатам.

Технологические условия, созданные в регионе, оказывают большое влияние на реализацию производственного процесса. Производство сжиженного природного газа – это процесс превращения добываемого сырья в жидкость. Технологически это сложная цепочка последовательных действий, которые сопровождаются строгим соблюдением условий производства, хранения, транспортировки и обратного превращения сжатой жидкости в газообразное состояние. Применение технологического оборудования для данного производства требует больших финансовых вложений. Быстрое получение финансового результата при доставке природного газа по трубопроводам в разы снижает затраты на обеспечение данного процесса, что и не способствовало развитию инфраструктуры по производству и транспортировке сжиженного природного газа.

Российская практика построения линий по производству сжиженного природного газа включает в себя следующие проекты.

«Сахалин-2» – это первый в России завод по производству сжиженного природного газа, проектная производительность которого составляет 9,6 млн т СПГ в год. На нем отработываются технологии добычи углеводородов на шельфе и сжижение газа. Завод включает две технологические линии, на которых используется технология двойного смешанного хладагента. Данная технология разработана специально для сахалинского завода СПГ при реализации эффективной стратегии в условиях крайне низких температур.

Научно-прикладные исследования отечественных практиков, участвующих в проекте «Сахалин-2», раскрывают особенности проектирования линии по производству сжиженного

природного газа, факторы привлекательности и необходимости развития данного направления в России. По результатам исследований представлен прогноз роста производства природного сжиженного газа почти в 4 раза.

Наряду со стационарными способами производства СПГ в настоящее время получили развитие плавучие заводы. Возможность реализации таких способов производства СПГ может быть обеспечена наличием месторождений природного газа и морских путей транспортировки.

Первым в мире заводом по серийному производству линий сжижения природного газа на основаниях гравитационного типа (ОГТ) стал Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений (ЦСКМС) в Мурманской области. Реализация проекта «Арктик СПГ2» началась пять лет назад. Его уникальность заключается в том, что впервые в мире реализовано строительство СПГ-резервуаров внутри бетонного основания. Отливается ОГТ, на данной платформе устанавливаются два резервуара, далее на нее транспортируются 14 модулей, подключаются и синхронизируются все системы – плавучий завод готов к транспортировке к месторождению, где к нему подключат газопровод.

Данный способ производства позволяет осуществлять добычу природного газа в местах, недоступных для объектов инфраструктуры [11].

Проведенный анализ способов производства СПГ позволяет выявить типовую последовательность действий при разработке проекта и реализации выбранной технологии строительства линии производства СПГ. Итак, основными этапами исследования и реализации проекта являются:

- ◆ технико-экономическое обоснование;
- ◆ предварительное проектирование;
- ◆ строительство, изготовление, установка, ввод в эксплуатацию;
- ◆ проверочные испытания.

Представленная цепочка проектирования технологии по производству сжиженного газа характеризуется следующими техническими и экономическими параметрами.

Типичная мощность линии производства сжиженного газа мощностью 5 млн т в год для

всей цепочки требует капитальных затрат в размере от 7 до 10 млрд долл., которые могут повлечь расходы в размере около 10 млн долл., но при этом будет производиться продукт со стоимостью, зависящей от преобладающих цен на природный газ, – от 30 до 40 млн долл. в неделю. Этап строительства проекта может составлять до 50% от общей стоимости проекта. Стадия строительства любого объекта является местом, где лежит большинство проектных рисков (график, стоимость, погода, влияние новых технологий внедрения, трудовые навыки, общественные споры и т.д.). Таким образом, на ранних этапах проекта следует приложить много усилий, чтобы использовать или указать наиболее оптимальные методы строительства, технологические решения, оборудование и материалы [12].

Аналитические исследования позволяют выделить в качестве организационного фактора обеспечение специалистами с необходимыми профессиональными компетенциями. Следовательно, при проектировании строительства линии по производству сжиженного природного газа следует учитывать наличие в регионе образовательных учреждений по подготовке соответствующих специалистов.

Непрерывность процесса подготовки должна обеспечиваться такими факторами, как преемственность управления на разных этапах принятия решений, совершенствование отбора и подготовки кадров, способных эффективно и профессионально реализовывать поставленные цели [11].

Развитие региональных факторов, обеспечивающих проектирование, построение и функционирование объекта строительства, должно сопровождается программой цифровой трансформации, позволяющей оперативно получать и обрабатывать информацию, использовать высокотехнологическое оборудование для реализации поставленных целей.

### Результаты

В рамках проведенного научного исследования были определены региональные факторы, обеспечивающие производство сжиженного природного газа. Установлено, что в условиях санкционной политики недружественных

стран России необходимо развивать данные факторы, а также создавать транспортную инфраструктуру по доставке готового продукта потребителям. Основными из приоритетных регионов в развитии производства СПГ являются Восточная Сибирь и Дальний Восток.

Государственная политика в области развития газовой промышленности России в настоящее время ориентирована на рынки Китая и других стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

На формирование стоимости СПГ большое влияние оказывают такие факторы, как сжижение, транспортировка и хранение. Следовательно, особое внимание необходимо уделять их оптимизации при построении процесса производства.

Особое значение при анализе процессов сжижения природного газа придается технологии производства и поставленным задачам оптимизации. Минимальные перепады температур в теплообменниках часто используются в качестве меры уровня интеграции тепла в процесс и параметра компромисса между инвестиционными и эксплуатационными затратами. Это позволяет выявить ошибочные суждения, что тоже является положительным результатом в оптимизации процесса СПГ. Величина минимальной разности температур также влияет на необратимость процессов, связанных с теплообменом. Вместо этого большой диапазон температур и увеличение термодинамической необратимости с увеличением движущих сил и снижением рабочей температуры требуют формулировки, учитывающей распределение движущих сил, что должно быть учтено еще на стадии строительства завода.

Для подготовки к намеченному безупречному запуску и последующей высокопроизводительной работе предприятия весь проектный и эксплуатационный персонал должен быть обучен и обеспечен инструментами, позволяющими обнаруживать и устранять дефекты и потенциальные проблемы, которые часто скрыты в схемах процессов.

Создание высокотехнологичных установок для российского рынка – перспектива уже сегодняшнего дня, поскольку ситуация на мировом энергетическом рынке стимулирует использование цифровых технологий для увеличения

объема природного сжиженного газа и снижения издержек на процесс его производства.

Повышение эффективности линий по производству сжиженного газа обеспечивается условиями оптимизации параметров на этапах проектирования и строительства необходимых объектов. При этом важно отметить, что модель производственной линии является основой для аналитической и исследовательской работы проектировщиков, технологов и различных функциональных специалистов. Установленные факторы позволяют перейти на полную автоматизацию процессов и принимать решения на основе искусственного интеллекта, управлять удаленно объектом на основе блок-схемы всех рабочих фаз и точек принятия решений.

Представленные исследования важны в области строительства линий по производству СПГ для проектирования объектов инфраструктуры в изменяющихся экономических условиях при реализации стратегических и тактических задач в нефтегазовой отрасли.

Процесс, обеспечивающий строительство линии по производству сжиженного природного газа, уже во многом определен и представлен необходимыми факторами производства, в числе которых территория размещения, технология, оборудование. Каждый новый опыт функционирования производственной системы позволяет определить проблемы и найти пути улучшения, обеспечивающие качество, эффективность, управляемость объектом. Показатели оптимального производства рассчитываются и контролируются в специальных компьютерных симуляторах. Программное обеспечение позволяет оценить ожидаемую отдачу и найти оптимальные способы ее достижения.

Кроме того, оптимизация ключевых конструктивных параметров, связанных с извлечением и использованием паров природного газа в различных конфигурациях рециркуляции в процессе производства СПГ, также является важным моментом.

Модели технологических схем созданы для изучения влияния изменения температуры, давления и массового расхода рециркулируемого отпарного газа, который является главной проблемой танкеров, перевозимых СПГ, в

дополнение к температуре и давлению сырья СПГ на конечное содержание метана, азота, массовый расход и температуру продукта СПГ и топливного газа. Такие решения, как фильтрация и уменьшение метана в СПГ, представляют собой возможные рабочие точки интегрированной системы СПГ (ОВГ) для достижения их повторного использования.

Другой крайне важный момент в рамках реализации задач – это работа с персоналом, обеспечивающая качество технологического процесса. Данное решение является конструктивным принципом к привлечению инвестиций, так как высококвалифицированный рабочий труд также приведет к определенным затратам.

Важно подчеркнуть, что внимание к принципам конструктивности на этапах планирования процесса также может снизить риски, связанные с затратами, временем и проблемами качества [13].

### **Обсуждение**

Полученные результаты показали, что региональные аспекты и возможность их развития влияют на объект проектирования и применение методов в выборе необходимых факторов производства для достижения поставленной цели.

Региональные условия и факторы производства указывают на бизнес-процессы, обеспечивающие функционирование каждого из них и взаимодействие друг с другом, что дает надежду на развитие и эффективность строительства линии по производству СПГ [3].

Возможность реализации проекта по производству сжиженного природного газа на основе имеющихся региональных аспектов по сравнению с их полным или частичным отсутствием позволяет добиться стратегических геополитических целей.

### **Заключение**

Подводя итог проделанной работе, можно отметить, что для достижения поставленной цели, направленной на определение региональных факторов для формирования процесса производства СПГ, были использованы труды зарубежных и отечественных экономистов и организаторов производства. Их практи-



ческий и научный опыт подтвердил необходимость применения рассмотренных и уточненных условий размещения производительных сил, формирования технологических параметров для проектирования и дальнейшего строительства сложных производственных систем на всех этапах жизненного цикла процесса. Результаты настоящего исследования представлены в отечественных и зарубежных научных изданиях. Методологическую основу научной работы составляют не только классические подходы теории размещения производительных сил, но и современные решения, основанные на отраслевом развитии. Развитие экономических и технологических факторов производства, изменение условий управления производством определили новые подходы к проектированию объектов нефтегазовой отрасли. В работе использован метод управления проектами, обеспечивающий установление взаимодействия всех бизнес-процессов, выстроенных на основе пространственной региональной структуры производительных сил. Определены региональные факторы для строительства линии производства СПГ. Подчеркнуто, что выбор местоположения производства зависит от условий месторождения, добычи, инфраструктуры объекта и возможностей применения технологического подхода к управлению процессом, который обусловлен достижением

эффективных его параметров, основанных на анализе чувствительности давления в колонне, температуры подачи и температуры самого газа. Одним из главных факторов является персонал с его профессиональными навыками, способностью трудиться и повышать квалификацию при эксплуатации высокотехнологичного оборудования. Результаты аналитических исследований, проведенных в данной работе, позволяют сделать вывод о том, что проектирование и строительство линий по производству СПГ необходимо осуществлять в таких приоритетных регионах, как Восточная Сибирь и Дальний Восток. Также отмечено переориентирование государственной политики в области газовой промышленности на рынки Китая и других стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

Настоящий этап развития рынка газа определяет действия российских нефтегазовых компаний в строительстве линий по производству сжиженного природного газа, дальнейшему его хранению и транспортировке танкерами. Для этого необходимо применять критерий эффективности, который при минимальных затратах обеспечивает наибольший или оптимальный результат. Именно поэтому предложенные факторы и полученные результаты в данной научной работе могут стать полезны для дальнейших исследований [14–26].

#### Список источников

1. Бабордина О.А., Гаранина М.П. Рациональное размещение предприятий нефтегазового комплекса в современных условиях // Нефтегазовый комплекс: проблемы и инновации : тезисы III науч.-практ. конф. с междунар. участием / ответственный редактор В.К. Тянь. Самара : Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2018. С. 155.
2. Горбунов В.Ф. Использование модели И. фон Тюнена в современной региональной экономике // Московский экономический журнал. 2017. № 2.
3. Александрова Т.В., Прудский В.Г. О концептуальной модели трансформации нефтегазового бизнеса в условиях перехода к Индустрии 4.0 // Научные труды Пардубицкого университета. Серия D. Факультет экономики и управления. 2019. С. 5–17.
4. Barth C., Koch S. Critical success factors in ERP upgrade projects // Industrial Management & Data Systems. 2018. Vol. 119, No. 3. Pp. 656–675.
5. Syntetos A.A., Kholidasari I., Naim M.M. The effects of integrating management judgement into OOT levels: in or out of context? // European Journal of Operational Research. 2016. Vol. 249, Issue 3. Pp. 853–863.
6. Garvey M.A., McLeroy P.G., Weijermars R. Reservoir-model-based scenarios for assessing the viability of greenhouse gas mitigation strategies through CO<sub>2</sub> enhanced oil recovery // Energy Strategy Reviews. 2017. Vol. 16. Pp. 54–67.
7. Bagaeva I.V., Larionova G.N., Bagaeva Y.R. Comparative analysis of innovative activity of large business in Russia and the United States in terms of digitalization of the petrochemical industry // Proceedings

of the International Conference on Digital Technologies in Logistics and Infrastructure. 2019. Vol. 1. Pp. 316–321.

8. Formation of the business model of oil producing enterprises / O.A. Babordina, M.P. Garanina, L.A. Ilyina, P.A. Garanin // International Scientific Conference "Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development". 2018. Vol. 24. Pp. 230–238.

9. Meghana H., Asish O., Lewlyn L. Prioritizing the factors affecting cloud ERP adoption – an analytic hierarchy process approach // International Journal of Emerging Markets. 2018. No. 6. Pp. 1559–1577.

10. Somu N., Kirthivasan K., Sriram V. A computational model for ranking cloud service providers using hyper graph based techniques // Future Generation Computer Systems. 2018. Vol. 68. Pp. 14–30.

11. Гойда А.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Современное состояние и перспективы развития рынка сжиженного природного газа // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). 2020. № 4. С. 124–142.

12. Федорова В.А., Федорова Е.Б., Макуха А.С. Особенности проектирования производства СПГ. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/519804-osobennosti-proektirovaniya-proizvodstva-spg/> (дата обращения: 16.08.2023).

13. Цветков П.С., Федосеев С.В. Анализ особенностей организации проектов малотоннажного производства СПГ // Записки Горного института. 2020. № 246. С. 678–687.

14. Воронов В.А. Особенности развития технологий в области транспорта и хранения сжиженного природного газа // Сфера. Нефть и газ. 2019. № 5. С. 70–72.

15. Семикашев В.В., Гайворонская М.С. Анализ состояния и перспектив развития российской газовой отрасли до и после 2022 г. // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2022. С. 108–127. doi:10.47711/2076-318-2022-108-127.

16. Федорова Е.Б. Комплексное научно-технологическое обоснование производства сжиженного природного газа : дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.07. Москва, 2019. 360 с.

17. Спиридонов А.А., Фадеева М.Л., Толстых Т.О. Стратегический подход к внедрению инноваций в Арктике на примере технологии сжижения природного газа «Арктический каскад» // Экономика промышленности. 2022. Т. 15, № 2. С. 177–188.

18. Глобальные тенденции освоения энергетических ресурсов российской Арктики. Ч. I. Тенденции экономического развития Российской Арктики : монография / С.А. Агарков, В.Ф. Богачев, Н.П. Веретенников [и др.] ; под науч. ред. С.А. Агаркова, В.И. Богоявленского, С.Ю. Козьменко [и др.]. Апатиты : Кольский научный центр РАН, 2019. 170 с.

19. Степанов С.Е., Титов В.Г., Крюков О.В. Инновационные технологии производства СПГ и переработки углеводородного сырья // Информационные технологии ИСТ-2020 : сборник материалов XXVI Междунар. науч.-техн. конф. (Нижний Новгород, 24–28 апр. 2020 г.). Нижний Новгород : НижГТУ, 2020. С. 315–322.

20. Титков И.А. Цифровизация бизнес-моделей предприятий, осуществляющих производство и экспорт сжиженного газа, как платформа развития нефтегазовой отрасли в России и в мировой экономике // Экономика, предпринимательство и право. 2021. Т. 11, № 9. С. 2243–2254. doi:10.18334/err.11.9.113421.

21. Оборудование и процесс крупнотоннажного производства СПГ / П.А. Зеленев, М.Н. Боровков, С.Н. Зеленев, П.В. Семашко // Транспортные системы. 2022. № 1 (23). С. 33–42. doi:10.46960/62045\_2022\_1\_33.

22. Гаранин П.А., Бабордина О.А., Гаранина М.П. Моделирование и оценка производственных систем как фактор развития предприятий нефтегазового комплекса // Актуальные вопросы и инновационные решения в нефтегазовой отрасли : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. (весенняя сессия). Москва : Перо, 2021.

23. Гаранин П.А., Бабордина О.А., Гаранина М.П. Применение метода управления проектами в повышении эффективности строительства буровых скважин // НЕФТЬ. ГАЗ. НОВАЦИИ. 2018. № 10 (215). С. 78–82.

24. Соловьев И.Г. Оптимизация параметров обустройства и режима эксплуатации скважины с ЭЦН в условиях отклонений // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2019. № 9 (544). С. 28–39.

25. Иванов Р.Ю., Ленкова О.В., Чунихин С.А. Особенности управления проектами в нефтегазовой отрасли // Московский экономический журнал. 2022. № 3. С. 270–278.

26. Бабордина О.А., Гаранина М.П. Кадровая политика в условиях цифровизации на предприятиях нефтегазового комплекса // Национальные концепции качества: подготовка кадров для цифровой трансформации промышленности и экономики : сб. материалов Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Санкт-Петербург, 28 окт. 2022 г.). Санкт-Петербург : СПЭУ, 2022. С. 38–42.

### References

1. Babordina O.A., Garanina M.P. Rational placement of oil and gas complex enterprises in modern conditions // Oil and gas complex: problems and innovations : abstracts of the III scientific and practical conference with international participation / executive editor V.K. Tyan. Samara : Publishing house of Samara State Technical University, 2018. P. 155.
2. Gorbunov V.F. The use of the I. von Thunen model in the modern regional economy // Moscow Economic Journal. 2017. No. 2.
3. Alexandrova T.V., Prudsky V.G. On the conceptual model of transformation of the oil and gas business in the conditions of transition to Industry 4.0 // Scientific works of Pardubice University. Series D. Faculty of Economics and Management. 2019. Pp. 5–17.
4. Barth C., Koch S. Critical success factors in ERP upgrade projects // Industrial Management & Data Systems. 2018. Vol. 119, No. 3. Pp. 656–675.
5. Syntetos A.A., Kholidasari I., Naim M.M. The effects of integrating management judgement into OUT levels: in or out of context? // European Journal of Operational Research. 2016. Vol. 249, Issue 3. Pp. 853–863.
6. Garvey M.A., McLeroy P.G., Weijermars R. Reservoir-model-based scenarios for assessing the viability of greenhouse gas mitigation strategies through CO<sub>2</sub> enhanced oil recovery // Energy Strategy Reviews. 2017. Vol. 16. Pp. 54–67.
7. Bagaeva I.V., Larionova G.N., Bagaeva Y.R. Comparative analysis of innovative activity of large business in Russia and the United States in terms of digitalization of the petrochemical industry // Proceedings of the International Conference on Digital Technologies in Logistics and Infrastructure. 2019. Vol. 1. Pp. 316–321.
8. Formation of the business model of oil producing enterprises / O.A. Babordina, M.P. Garanina, L.A. Ilyina, P.A. Garanin // Proceedings of the International Scientific Conference "Global Challenges and Prospects of the Modern Economic Development" (GCPMED 2018). 2018. Vol. 57. Pp. 230–238.
9. Meghana H., Asish O., Lewlyn L. Prioritizing the factors affecting cloud ERP adoption – an analytic hierarchy process approach // International Journal of Emerging Markets. 2018. No. 6. Pp. 1559–1577.
10. Somu N., Kirthivasan K., Sriram V. A computational model for ranking cloud service providers using hyper graph based techniques // Future Generation Computer Systems. 2018. Vol. 68. Pp. 14–30.
11. Goida A.N., Shiyan S.I., Shabliy I.I. The current state and prospects of development of the liquefied natural gas market // Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). 2020. No. 4. Pp. 124–142.
12. Fedorova V.A., Fedorova E.B., Makukha A.S. Design features of LNG production. URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/519804-osobennosti-proektirovaniya-proizvodstva-spg/> (date of access: 16.08.2023).
13. Tsvetkov P.S., Fedoseev S.V. Analysis of the features of the organization of projects of low-tonnage LNG production // Notes of the Mining Institute. 2020. No. 246. Pp. 678–687.
14. Voronov V.A. Features of technology development in the field of transportation and storage of liquefied natural gas // Sphere. Oil and gas. 2019. No. 5. Pp. 70–72.
15. Semikashev V.V., Gaivoronskaya M.S. Analysis of the state and prospects of development of the Russian gas industry before and after 2022 // Scientific works: Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences. 2022. Pp. 108–127. doi:10.47711/2076-318-2022-108-127.
16. Fedorova E.B. Comprehensive scientific and technological justification of the production of liquefied natural gas : dis. ... Doctor of Technical Sciences : 05.17.07. Moscow, 2019. 360 p.
17. Spiridonov A.A., Fadeeva M.L., Tolstykh T.O. A strategic approach to innovation in the Arctic on the example of natural gas liquefaction technology "Arctic Cascade" // Economics of Industry. 2022. Vol. 15, No. 2. Pp. 177–188.
18. Global trends in the development of energy resources of the Russian Arctic. Part I. Trends in the economic development of the Russian Arctic : monograph / S.A. Agarkov, V.F. Bogachev, N.P. Veretennikov [et al.] ; edited by S.A. Agarkov, V.I. Bogoyavlensky, S.Yu. Kozmenko [et al.]. Apatity : Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2019. 170 p.

19. Stepanov S.E., Titov V.G., Kryukov O.V. Innovative technologies for LNG production and processing of hydrocarbon raw materials // Information technologies IST-2020 : collection of materials of the XXVI International Scientific and Technical Conference (Nizhny Novgorod, April 24–28, 2020). Nizhny Novgorod : Nizhny Novgorod State Technical University, 2020. Pp. 315–322.

20. Titkov I.A. Digitalization of business models of enterprises engaged in the production and export of liquefied natural gas as a platform for the development of the oil and gas industry in Russia and in the global economy // Economics, entrepreneurship and law. 2021. Vol. 11, No. 9. Pp. 2243–2254. doi:10.18334/epp.11.9.113421.

21. Equipment and process of large-capacity LNG production / P.A. Zelenov, M.N. Borovkov, S.N. Zelenov, P.V. Semashko // Transport Systems. 2022. No. 1 (23). Pp. 33–42. doi:10.46960/62045\_2022\_1\_33.

22. Garanin P.A., Babordina O.A., Garanina M.P. Modeling and evaluation of production systems as a factor in the development of oil and gas complex enterprises // Topical issues and innovative solutions in the oil and gas industry : proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference (spring session). Moscow : Pero, 2021.

23. Garanin P.A., Babordina O.A., Garanina M.P. Application of the project management method in improving the efficiency of drilling wells construction // OIL. GAS. INNOVATIONS. 2018. No. 10 (215). Pp. 78–82.

24. Solovyov I.G. Optimization of the parameters of the arrangement and operation mode of a well with an ECP in conditions of deviations // Automation, telemechanization and communication in the oil industry. 2019. No. 9 (544). Pp. 28–39.

25. Ivanov R.Yu., Lenkova O.V., Chunikhin S.A. Features of project management in the oil and gas industry // Moscow Economic Journal. 2022. No. 3. Pp. 270–278.

26. Babordina O.A., Garanina M.P. Personnel policy in the conditions of digitalization at the enterprises of the oil and gas complex // National concepts of quality: training of personnel for the digital transformation of industry and economy : collection of materials of the National Scientific and Practical Conference with international participation (St. Petersburg, October 28, 2022). St. Petersburg : St. Petersburg State University of Economics, 2022. Pp. 38–42.

#### **Информация об авторах**

О.А. Бабординина – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Экономика промышленности и производственный менеджмент» Самарского государственного технического университета;  
 А.В. Васильчиков – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры «Экономика промышленности и производственный менеджмент» Самарского государственного технического университета;  
 Е.В. Франк – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры «Экономика промышленности и производственный менеджмент» Самарского государственного технического университета.

#### **Information about the authors**

O.A. Babordina – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Economics and Production Management of Samara State Technical University;  
 A.V. Vasilchikov – Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Industrial Economics and Production Management of Samara State Technical University;  
 E.V. Frank – Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Industrial Economics and Production Management of Samara State Technical University.

Статья поступила в редакцию 18.10.2023; одобрена после рецензирования 08.11.2023; принята к публикации 18.12.2023.

The article was submitted 18.10.2023; approved after reviewing 08.11.2023; accepted for publication 18.12.2023.