

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,807

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,334

Журнал издается с 2001 г.

Электронная версия: <http://www.natural-sciences.ru>

Правила для авторов: <http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index>

**Главный редактор**

*Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор*

**Зам. главного редактора**

*Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор*

**Ответственный секретарь редакции**

*Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.*

#### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

д.с.-х.н., доцент Абдулвалеев Р.Р. (Уфа); д.г.-м.н., проф., Абилхасимов Х.Б. (Астатна); д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.г.-м.н., проф., Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф., Алоев В.З. (Нальчик); д.г.н., проф. Андреев С.С. (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент, Андреева Е.С. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.т.н., проф. Бейсембаев К.М. (Караганда); д.т.н., проф. Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент Белоус О.Г. (Сочи); д.с.-х.н., проф. Берсон Г.З. (Великий Новгород); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.т.н., профессор Галкин А.Ф. (Ухта); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.с.-х.н., Горбачева А.Г. (Пятигорск); д.с.-х.н., Горянин О.И. (Самара); д.г.-м.н., проф. Гусев А.И. (Бийск); д.с.-х.н., проф. Данилин И.М. (Красноярск); д.б.н., доцент Долгов А.В. (Мурманск); д.э.н., проф. Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.г.н., проф. Егорова А.В. (Усть-Каменогорск); д.т.н., проф. Ерофеев В.И. (Томск); д.с.-х.н., проф. Залесов С.В. (Екатеринбург); д.с.-х.н., доцент Захарченко А.В. (Томск); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.б.н., доцент Кавцевич Н.Н. (Мурманск); д.т.н., проф. Калякин С.А. (Донецк); д.с.-х.н., проф. Караев М.К. (Махачкала); д.г.-м.н., проф. Кашаев А.А. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Кобрунов А.И. (Ухта); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Пермь); д.с.-х.н., проф. Костылев П.И. (Зерноград); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.с.-х.н., Коцарева Н.В. (Белгород); д.т.н., доцент Кузьяков О.Н. (Тюмень); д.г.-м.н., проф. Кучеренко И.В. (Томск); д.б.н., проф. Ларионов М.В. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.ф.-м.н., проф. Лерер А.М. (Ростов-на-Дону); д.г.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., доцент Нехорошева А.В. (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., Никитин С.Н. (Ульяновск); д.с.-х.н., Оказова З.П. (Владикавказ); д.с.-х.н., проф. Партоев К. (Душанбе); д.с.-х.н., проф. Петелько А.И. (Мценск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Пирумян Г.П. (Ереван); д.с.-х.н., проф. Проездов П.Н. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Сакиев К.С. (Бишкек); д.б.н. Сибикеев С.Н. (Саратов); д.с.-х.н., доцент Сокольская О.Б. (Саратов); д.т.н., проф. Степанов В.В. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Тарасенко А.А. (Тюмень); д.т.н. Теплухин В.К. (Октябрьский); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.с.-х.н., проф. Титов В.Н. (Саратов); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.г.-м.н., проф. Трофименко С.В. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Ульрих Е.В. (Кемерово); д.г.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.т.н., проф. Шантарин В.Д. (Тюмень); д.т.н., проф. Шатов А.А. (Уфа); д.ф.-м.н., проф. Ширапов Д.Ш. (Улан-Удэ); д.т.н., проф. Шишелова Т.И. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Шугунов Л.Ж. (Нальчик); д.г.-м.н., проф. Юргенсон Г.А. (Чита); д.г.н., проф. Яковенко Н.В. (Воронеж); д.т.н., проф. Ямалетдинова К.Ш. (Челябинск)

---

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован  
Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций.

Свидетельство – ПИ № ФС 77-63398.

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,807.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,334.

Журнал зарегистрирован в Centre International de l'ISSN. ISSN 1681-7494.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:  
ООО ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя: 440026, Пензенская область, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

+7 (499) 705-72-30

E-mail: [edition@rae.ru](mailto:edition@rae.ru)

Подписано в печать – 31.03.2023

Дата выхода номера – 28.04.2023

Формат 60x90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр

Академия Естествознания»,

410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка

Доронкина Е.Н.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный.

Распространение по свободной цене.

Усл. п.л. 8

Тираж – 1000 экз.

Заказ УСЕ 2023/3

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России»: П7816

© ООО ИД «Академия Естествознания»

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Сельскохозяйственные науки (4.1.1)**

#### **СТАТЬЯ**

ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ ЭНДОФИТНЫМИ РИЗОБАКТЕРИЯМИ  
НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛУКОВИЧНЫХ КУЛЬТУР

*Лебедев В.Н., Воробейков Г.А., Ураев Г.А.* ..... 5

### **Географические науки (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)**

#### **СТАТЬИ**

ТРАНСПОРТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА СКОРОСТНОГО  
РЕЖИМА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПО КЛЮЧЕВОЙ МАГИСТРАЛИ  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ЧИТЫ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

*Борисов В.Н.* ..... 11

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ  
РИСКОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА  
В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Заозерский Г.Н., Губайдуллин М.Г.* ..... 17

КИТАЙСКИЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ  
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

*Корниенко О.С.* ..... 26

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ГОРОДА КАЛИНИНГРАДА  
И ВЛИЯНИЕ НА ТРАНСПОРТНУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ

*Орехов С.Ю.* ..... 32

ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО  
СОСТОЯНИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ  
ЗАПОВЕДНИКА «ЧЁРНЫЕ ЗЕМЛИ» РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

*Ханов Т.Ч., Струначова И.М., Мамиев М.Б., Каишкова И.М.* ..... 41

### **Геолого-минералогические науки (1.6.3, 1.6.5, 1.6.6, 1.6.10, 1.6.12, 1.6.17, 1.6.21)**

#### **СТАТЬЯ**

ОБОСНОВАНИЕ ОСУШЕНИЯ ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
«ВОДОВМЕЩАЮЩИЕ ОТЛОЖЕНИЯ – ДЕЗИНТЕГРИРОВАННЫЙ МАССИВ»  
ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Ефремов Е.Ю., Рыбников П.А., Рыбникова Л.С.* ..... 47

### **Физико-математические науки (1.6.22)**

#### **СТАТЬЯ**

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ УРАВНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НИВЕЛИРНОГО РЯДА  
ИЗ СДВОЕННЫХ КВАДРАТОВ

*Волков Н.В., Волкова Т.Н., Волков В.И.* ..... 58

---

## CONTENTS

### **Agricultural sciences (4.1.1)**

#### **ARTICLE**

THE EFFECT OF INOCULATION BY ENDOPHYTIC RHIZOBACTERIA  
ON MORPHOPHYSIOLOGICAL FEATURES OF BULBOUS CULTURES

*Lebedev V.N., Vorobeykov G.A., Uraev G.A.* .....5

### **Geographical sciences (1.6.8, 1.6.12, 1.6.13, 1.6.21)**

#### **ARTICLES**

TRANSPORT AND GEOGRAPHICAL EXAMINATION OF THE HIGH-SPEED  
MODE OF TRAFFIC ALONG THE KEY HIGHWAY OF THE CENTRAL PARTS  
OF THE CITY OF CHITA OF THE TRANS – BAIKAL TERRITORY

*Borisov V.N.* ..... 11

ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO CLIMATE RISK  
ASSESSMENT FOR OIL AND GAS SECTOR ENTERPRISES  
IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

*Zaozerskiy G.N., Gubaydullin M.G.* ..... 17

THE CHINESE FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN  
FAR EAST AT THE PRESENT STAGE

*Kornienko O.S.* .....26

TERRITORIAL STRUCTURE OF THE CITY OF KALININGRAD  
AND IMPACT ON TRANSPORT INFRASTRUCTURE

*Orekhov S.Yu.* .....32

ASSESSMENT OF THE RECREATIONAL POTENTIAL OF SPECIALLY  
PROTECTED NATURAL AREAS OF THE RESERVE «CHYORNYE ZEMLI»  
OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA

*Khanov T.C., Strunachova I.M., Mamiev M.B., Kashkovskaya I.M.* .....41

### **Geological and mineralogical sciences (1.6.3, 1.6.5, 1.6.6, 1.6.10, 1.6.12, 1.6.17, 1.6.21)**

#### **ARTICLE**

DEVELOPMENT OF DRAINAGE DESIGN OF THE HYDROGEODYNAMIC  
SYSTEM “CAVING ZONE – AQUIFER” CONDITIONS DUE TO SUBLEVEL  
CAVING METHOD

*Efremov E.Yu., Rybnikov P.A., Rybnikova L.S.* ..... 47

### **Physical and mathematical sciences (1.6.22)**

#### **ARTICLE**

ESTIMATION OF THE ACCURACY OF THE EQUALIZED ELEMENTS  
OF THE LEVELING SERIES OF DOUBLE SQUARES

*Volkov N.V., Volkova T.N., Volkov V.I.* .....58

СТАТЬЯ

УДК 635.252:631.8:581.1

**ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ ЭНДОФИТНЫМИ РИЗОБАКТЕРИЯМИ  
НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ЛУКОВИЧНЫХ КУЛЬТУР**

<sup>1</sup>Лебедев В.Н., <sup>1</sup>Воробейков Г.А., <sup>2</sup>Ураев Г.А.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена»,  
Санкт-Петербург, e-mail: antares-80@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I», Санкт-Петербург, e-mail: uraev.ga@yandex.ru

Работа посвящена изучению предпосевной корневой инокуляции основных овощных луковичных культур, лука репчатого (*Allium cepa* L.) сорта Центурион и чеснока посевного (*Allium sativum* L.) сорта Гарпек, микробиологическими биопрепаратами, содержащими ассоциативные штаммы эндофитных ризобактерий (Мизорин, Флавобактерин и Псевдомонас). Полевые опыты были заложены в условиях Ленинградской области на супесчаной дерново-слабоподзолистой почве после уравнительного посева ячменно-овсяной смеси. Во всех опытных вариантах было отмечено положительное влияние микроорганизмов на морфологические и урожайные показатели обеих культур. Наиболее эффективными биопрепаратами оказались Псевдомонас (*Pseudomonas fluorescens* штамм ПГ-5) и Флавобактерин (*Flavobacterium* sp. штамм 30). В эксперименте все морфометрические измерения (приживаемость луковиц, высота и число листьев, урожай зеленой массы лука, а также урожай луковиц лука и чеснока) проводились в соответствии с фазами их развития. Отмечено, что зеленая масса лука повышалась на 70%, а масса сформировавшихся луковиц на 68% относительно контроля. Биомасса луковиц чеснока превышала контрольный показатель на 64%. Эндофитные ризобактерии также способствовали повышению водоудерживающей способности листьев лука и чеснока относительно контроля на 17,6 и 19,6% соответственно. В статье отмечается повышение уровня доходов сельскохозяйственного предприятия от реализации продукции луковичных культур, полученной в результате предпосевной микробиологической инокуляции, сделанное на основе проведенной оценки экономического эффекта.

**Ключевые слова:** полевой опыт, инокуляция, эндофитные бактерии, ассоциативные ризобактерии, стимуляция роста, продуктивность, луковицы, лук репчатый, чеснок посевной, водоудерживающая способность, экономический эффект

**THE EFFECT OF INOCULATION BY ENDOPHYTIC RHIZOBACTERIA  
ON MORPHOPHYSIOLOGICAL FEATURES OF BULBOUS CULTURES**

<sup>1</sup>Lebedev V.N., <sup>1</sup>Vorobeykov G.A., <sup>2</sup>Uraev G.A.

<sup>1</sup>Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg,  
e-mail: antares-80@yandex.ru;

<sup>2</sup>Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, Saint Petersburg,  
e-mail: uraev.ga@yandex.ru

The article describes the study of pre-sowing root inoculation of the main vegetable bulbous crops with onion (*Allium cepa* L.) of the var. Centurion and garlic (*Allium sativum* L.) of the var. Harpec with bacterial preparations based on associative strains of endophytic rhizobacteria (Mizorin, Flavobacterin and Ekstrasol). Field experiments were conducted in the conditions of the Leningrad region on sandy loam sod-slightly podzolic soil after equalizing sowing of barley-oat mixture. In all experimental variants, a positive effect of microorganisms on the morphophysiological and yield indicators of both crops was noted. The most effective biologics were Pseudomonas (*Pseudomonas fluorescens* strain PG-5) and Flavobacterin (*Flavobacterium* sp. strain 30). In the experiment, all morphometric measurements (the survival rate of bulbs, the height and number of leaves, the yield of green onion mass, as well as the yield of onion and garlic bulbs) were carried out in accordance with the phases of their development. It was noted that the green mass of onions increased by 70%, and the mass of formed bulbs by 68%, relative to the control. The biomass of garlic bulbs exceeded the benchmark by 64%. Endophytic rhizobacteria also contributed to raising in the water-holding capacity of onion and garlic leaves relative to control by 17.6% and 19.6%, respectively. The article notes an increase in the level of income of an agricultural enterprise from the sale of bulbous crops obtained as a result of pre-sowing microbiological inoculation, made on the basis of an assessment of the economic effect.

**Keywords:** field experience, inoculation, endophytic bacteria, associative rhizobacteria, growth stimulation, productivity, bulbs, onion, garlic, water retention, economic effect

Глобализация экономики привела к интенсификации сельского хозяйства, которая в последние годы стала ориентироваться на биотехнологические методы, альтернативные химическим. Такие способы ведения аграрного производства основаны на его экологизации и повышении биоло-

гического потенциала почвы за счет возобновляемых ресурсов, к которым относится почвенная микрофлора. Поэтому применение эндофитных ризобактериальных штаммов, способных стимулировать ростовые процессы [1], оказывать протекторные свойства в условиях стресса [2–4], активи-

зирать физиологические процессы, также повышать показатели продуктивности [5]. Положительный эффект эндофитных ризобактерий основан на их способности не только колонизировать ризосферу после их искусственного внесения (инокуляции), но и проникать внутрь растительных тканей и транспортироваться по всему растительному организму [6]. При этом отзывчивость растения определенного вида и даже сорта на конкретный ризобактериальный штамм может существенно отличаться [7], что требует каждый раз нового изучения.

Объектом нашего исследования служили две наиболее распространенные по возделыванию луковичные культуры: лук репчатый и чеснок посевной [8, 9]. Практическая цель нашего исследования состояла в оценке эффективности инокуляции лука репчатого и чеснока посевного ассоциативными эндофитными штаммами ризобактерий на морфофизиологические процессы и продуктивность.

#### Материалы и методы исследования

Объектом работы являлись лук репчатый (*Allium cepa* L.) сорт Центурион и чеснок посевной (*Allium sativum* L.) сорт Гарпек испанской селекции, родственные по своим хозяйственным признакам отечественному сорту Алькор. Полевые опыты проводились по стандартной методике [10] на опытном поле агробиостанции ФГБОУ ВПО «Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена» в Ленинградской области в 2018–2019, 2021 гг. Опыты закладывались весной. Повторность каждого варианта эксперимента четырехкратная. Для работы были отобраны биопрепараты на основе эндофитных бактерий, созданных Всероссийским НИИ сельскохозяйственной микробиологии РАСХН: Мизорин (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7), Flavобактерин (*Flavobacterium* sp. штамм 30) и Псевдомонас (*Pseudomonas fluorescens* штамм ПГ-5).

Инокуляция (бактеризация) эндофитными ризобактериями культурных растений осуществляется тремя способами: семенным, корневым (для рассады) и листовым (для листовых культур) [11]. Для луковичных культур нами был использован корневой инокуляционный метод. Процесс корневой инокуляции луковиц проводился перед их посевом в соответствии с разработанными рекомендациями [12–14]. В контроле семена вместо бактериальной суспензии поливались водой.

Полевые опыты были заложены на слабо окультуренной супесчаной дерново-слабоподзолистой почве. На протяжении четырех лет на этой площади проводился уравнительный посев из ячменно-овсяной смеси.

Приживаемость луковиц учитывалась на седьмой день после их посева. Морфометрические показатели высоты и числа листьев, а также продуктивность зеленой надземной массы лука репчатого учитывали в фазе полных всходов укосным методом в начале пожелтения кончиков листьев. Сбор урожая луковиц лука репчатого и чеснока посевного проводили на третий день стадии полного увядания надземной части. Водоудерживающая способность листьев оценивалась методом «увядания» по Арланду [15] в фазу полных всходов. Полученные экспериментальные результаты обрабатывались статистическим методом дисперсионного анализа с использованием табличного процессора Microsoft Excel [16].

На основании оценки продуктивности луковичных культур был проведен экономический анализ изменения абсолютных значений дохода от их реализации в отношении контрольных значений, где процесс инокуляции не проводился. В качестве критерия эффективности использовалась оценка экономического эффекта от инокуляции эндофитными ризобактериями луковичных культур. Экономическая эффективность инокуляции луковичных культур определялась по формуле

$$\text{ЭЭ}_{ij} = (D_{ij} / D_{i0}) \cdot 100,$$

$\text{ЭЭ}_{ij}$  – экономическая эффективность от инокуляции  $i$ -й луковичной культуры  $j$ -м препаратом, %;

$D_{ij}$  – доход от реализации  $i$ -й луковичной культуры при инокуляции  $j$ -м препаратом, тыс. руб.;

$D_{i0}$  – доход от реализации  $i$ -й луковичной культуры без инокуляции (контроль), тыс. руб.

Данный аналитический подход был нами достаточно подробно описан и применен при изучении результатов проведения микробиологической инокуляции при возделывании других культур [17].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Морфогенез и формирование урожая луковичных культур во многом определяется таким важным физиологическим показателем, как выживаемость луковиц. Это связано с тем, что биохимические процес-

сы, которые протекают в период формирования почки возобновления, отражаются на всех последующих фазах развития растения. В наших полевых опытах была показана стимулирующая роль эндофитных ассоциативных бактерий на прорастание луковец (табл. 1). На протяжении всех лет исследования опытные варианты с применением биопрепаратов достоверно отличались наибольшей приживаемостью. У лука репчатого в среднем по трехлетним данным наибольшую эффективность проявляли Псевдомонас (92%) и Флавобактерин (89%), что превышало контроль (57%) на 35 и 32% соответственно. В опытах с чесноком наблюдалась аналогичная ситуация. В вариантах с данными препаратами по средним показателям приживаемость луковец составляла 91% (Псевдомонас) и 90% (Флавобактерин) при показателях контроля 59%.

Установлено, что эндофитные ризобактерии способствовали повышению ростовых процессов: высоты и числа ли-

стьев (табл. 2). Анализ результатов, полученных на фазе полных всходов лука, показал увеличение высоты листьев в опытах с Псевдомонасом и Флавобактерином на 57% (60,3 см) и 50% (57,6 см) относительно контроля (38,4 см). Высота листьев чеснока при использовании этих препаратов по отношению к контролю (34,7 см) также была максимальной – 57,0 и 55,3 см соответственно.

Кроме того, в опытах отмечалось увеличение числа формирования листьев. Применение эндофитных бактерий из числа псевдомонад стимулировало рост этого параметра в среднем на 60% (7,7 шт./раст.), а флавобактерий – на 56% (7,5 шт./раст.) больше контрольных значений (4,8 шт./раст.). При этом у чеснока посевного в среднем достаточно резкое возрастание количества листьев отмечено при использовании Псевдомонаса – на 77% (6,9 шт./раст.), по сравнению не только с неинокулированным контролем (3,9 шт./раст.), но и с другими опытными вариантами (5,1–5,4 шт./раст.).

**Таблица 1**

Влияние ассоциативных ризобактериальных препаратов на приживаемость луковец

Вариант	Лук репчатый					Чеснок посевной				
	2018	2019	2021	Среднее за 3 года		2018	2019	2021	Среднее за 3 года	
	%	%	%	%	Δ%	%	%	%	%	Δ%
Контроль	59	49	64	57	–	58	57	61	59	–
Мизорин	74	67	58	66	+9	70	74	69	71	+12
Флавобактерин	91	88	87	89	+32	89	88	92	90	+32
Псевдомонас	91	96	89	92	+35	85	93	95	91	+33
НСР <sub>0,5</sub>	2,9	2,4	3,1	2,5	–	2,7	2,5	2,3	2,4	–

**Таблица 2**

Действие ассоциативных эндофитных бактерий на высоту и число листьев лука репчатого и чеснока посевного (среднее за 3 года)

Вариант	Лук репчатый				Чеснок посевной			
	Высота листьев		Число листьев		Высота листьев		Число листьев	
	См	%	шт./раст.	%	см	%	шт./раст.	%
Контроль	38,4	100	4,8	100	34,7	100	3,9	100
Мизорин	53,7	140	6,3	131	48,9	141	5,4	138
Флавобактерин	57,6	150	7,5	156	55,3	159	5,1	131
Псевдомонас	60,3	157	7,7	160	57,0	164	6,9	177
НСР <sub>0,5</sub>	2,5	–	0,2	–	1,8	–	1,9	–

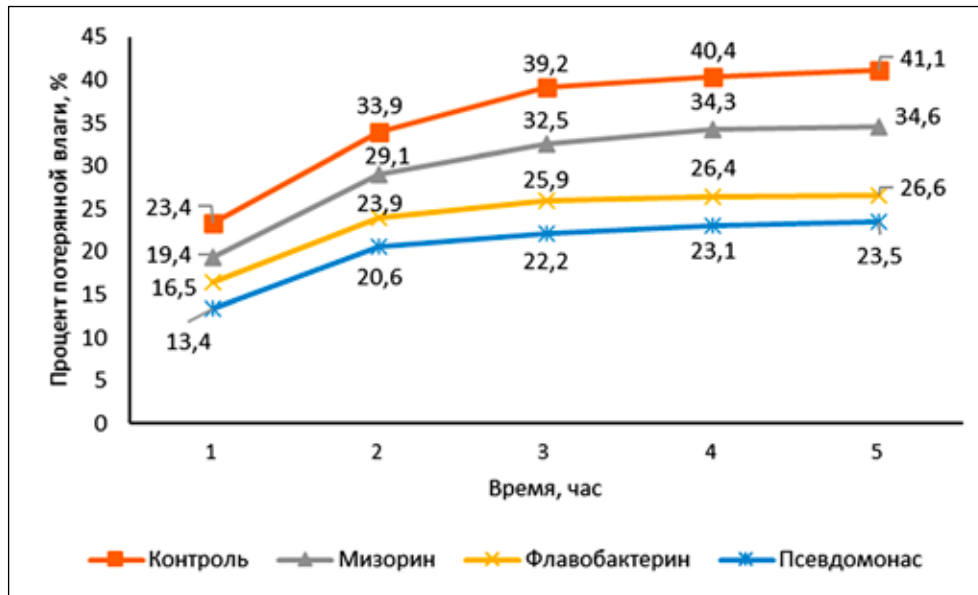


Рис. 1. Влияние ризобактерий на водоудерживающую способность листьев лука репчатого

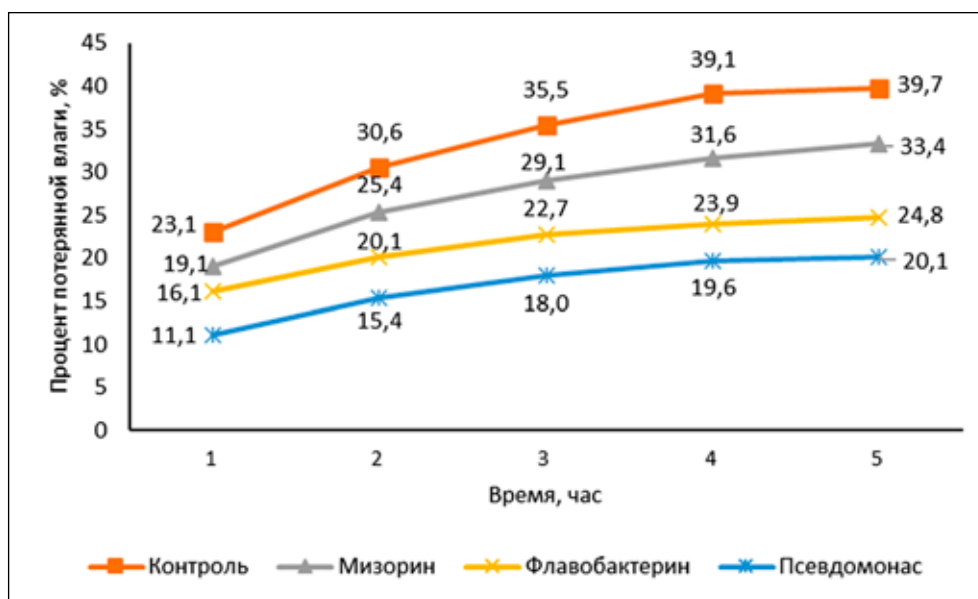


Рис. 2. Влияние ризобактерий на водоудерживающую способность листьев чеснока посевного

Одним из показателей интенсивности физиологических процессов у растительных организмов является сохранение определенного уровня подвижности воды в их тканях. Поэтому определенным критерием устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды служит водоудерживающая способность, как показатель наличия связанной и осмотически не активной формы воды.

В наших экспериментах у всех опытных вариантов на обеих культурах отмечалась сравнительно низкая водоудерживающая

способность листьев относительно контроля (рис. 1, 2). Наиболее эффективным эндофитным ризобактериальным штаммом оказался *Pseudomonas fluorescens* штамм ПГ-5 в одноименном биопрепарате. После бактериализации им корней лука и чеснока листья растений в итоге за 5 часов теряли только 23,5 и 20,1% влаги соответственно. Эти данные водоудерживающей способности на 17,6% (лук) и 19,6% (чеснок) меньше вариантов, где инокуляция нами не проводилась.



Таблица 3

Влияние микробиологических штаммов на урожайные процессы растений лука репчатого и чеснока посевного, ц/га (среднее за 3 года)

Вариант	Лук репчатый				Чеснок посевной	
	Зеленая масса		Масса луковиц		Масса луковиц	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Контроль	10,2	100	70,9	100	37,8	100
Мизорин	15,9	156	85,8	121	43,5	115
Флавобактерин	16,8	165	108,5	153	54,8	145
Псевдомонас	17,3	170	119,1	168	62,0	164
НСР <sub>0,5</sub>	2,3	–	2,5	–	2,9	–

Таблица 4

Доход от реализации урожая луковичных культур с 1 га

Вариант	Лук репчатый				Чеснок посевной	
	Зеленая масса		Масса луковиц		Масса луковиц	
	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%
Контроль	153,0	100,0	120,5	100,0	423,4	100,0
Мизорин	238,5	155,9	145,9	121,0	487,2	115,1
Флавобактерин	252,0	164,7	108,5	153,0	613,8	145,0
Псевдомонас	259,5	169,6	202,5	169,6	694,4	164,0

Наблюдаемые нами ранее морфофизиологические изменения нашли свое отражение и в формировании урожайных показателей исследованных культур (табл. 3). В опыте с луком репчатым урожайность зеленой массы в среднем за три года возросла относительно контроля (10,2 ц/га) до 17,3 ц/га в опытном варианте Псевдомонасом и до 16,8 ц/га при использовании Флавобактерина.

Аналогичное позитивное влияние данных эндофитных бактерий нами отмечалось на увеличении массы луковиц *Allium cepa* L. на 68% (Псевдомонас) и на 53% (Флавобактерин), к контролю (70,9 ц/га).

Масса луковиц-головок чеснока посевного была максимальной также в варианте с применением Псевдомонаса – 62,0 ц/га, что на 64% выше контрольных значений (37,8 ц/га). В других опытных вариантах эффект от корневой инокуляции эндофитными ризобактериями был менее значительным (43,5–54,8 ц/га), хотя показатели достоверно отличались от показателей урожайности в контроле.

Рассмотренная ранее биологическая эффективность инокуляции на луковичные культуры находит свое отражение и при

оценке экономического эффекта от реализации такой продукции аграрным предприятием (табл. 4).

Доход сельскохозяйственных предприятий от реализации луковичных культур при инокуляции эндофитными бактериями в сравнении с контролем стремительно возрастает. По нашей оценке, среднее увеличение дохода по луку репчатому:

– при реализации зеленой массы составит 63,4%,

– при реализации луковиц превышение дохода к контрольной группе составит 47,3%.

Аналогичный эффект наблюдается и по чесноку посевному – среднее увеличение дохода достигает в наших опытах 41,4%.

Наибольшая экономическая эффективность достигалась

– по луку репчатому при реализации зеленой массы и луковиц с применением Псевдомонаса – 69,9% по сравнению с контролем;

– по чесноку при реализации луковиц с применением Псевдомонаса – 64,0%

#### Заключение

Таким образом, предпосевная инокуляция луковиц исследованных растений лука репчатого и чеснока посевного эндофитны-

ми ризобактериальными штаммами стимулирует их морфофизиологические процессы и способствует повышению урожайных показателей. Наиболее эффективным оказалось применение биопрепарата Псевдомонас (*Pseudomonas fluorescens* штамм ПГ-5) на обеих культурах. В данном опытном варианте по отношению к контролю повышается приживаемость луковиц лука (на 35%) и чеснока (на 33%), увеличивается линейный рост (у лука – на 57%; у чеснока – на 60%) и число листьев (у лука – на 64%; у чеснока – на 77%). При этом урожайность зеленой массы лука повышалась на 70%, а масса сформировавшихся луковиц на 68% относительно контроля. Биомасса луковиц чеснока также превышала контрольный показатель на 64%. Кроме того, именно в данном опытном варианте отмечалась наибольшая водоудерживающая способность, а растения теряли влагу на 17,6% (лук) и 19,6% (чеснок) меньше контроля.

В результате анализа экономического эффекта установлена возможность увеличения доходов предприятий аграрного сектора от реализации луковичных культур при условии проведения перед посевом инокулирования посадочного материала эндофитными бактериями ризосферы.

#### Список литературы

1. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. Саратов: ООО «Амирит», 2019. 252 с.
2. Матвеева Н.И., Калмыкова Е.В., Петров Ю.Н., Зволинский В.В., Нарушев В.Б. Научное обоснование агротехнических приемов повышения урожайности и качества лука репчатого на территории Астраханской области // Аграрный научный журнал. 2019. № 5. С. 29–37.
3. Воробейков Г.А., Бредихин В.Н., Лебедев В.Н., Юргина В.С. Биология критического периода растений в условиях нарушения влажности почвы: к 100-летию со дня рождения профессора В.В. Аникиева // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2015. № 173. С. 49–53.
4. Ha Tran D.M., Nguyen T.T.M., Hung S.H., Huang C.C., Huang E. Roles of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in stimulating salinity stress defense in plants: A review. International Journal of Molecular Sciences. 2021. Vol. 22. No. 6. P. 1–38.
5. Лебедев В.Н. Влияние инокуляции семян ассоциативными ризобактериями на изменение численности бутонов и цветков у горчицы белой // Инновации в развитии экологического образования населения. Кластерный подход: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (Курган, 23–24 октября 2013 г.). Курган, 2013. С. 166–168.
6. Чеботарь В.К., Щербаков А.В., Щербакова Е.Н., Масленникова С.Н., Заплаткин А.Н., Мальфанова Н.В. Эндофитные бактерии как перспективный биотехнологический ресурс и их разнообразие // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 648–654.
7. Basu A., Prasad P., Das S.N., Kalam S., Sayyed R.Z., Reddy M.S., Enshasy H.E. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: Recent developments, constraints, and prospects. Sustainability. 2021. Vol. 13. No. 3. P. 1–20.
8. Улимбашев А.М. Сравнительная оценка сортов репчатого лука для получения севка в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 45. С. 36–40.
9. Иванова Т.Е., Лекомцева Е.В. Урожайность сортообразцов ярового чеснока в зависимости от посадочного материала: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ижевск: ФГБОУ ВПО «Ижевская ГСХА», 2014. С. 148–151.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 6-е изд. М.: Альянс, 2011. 350 с.
11. Фомина Л.В., Олейникова Е.Н. Эффективность применения природных биостимуляторов при формировании хозяйственно ценных признаков зеленого лука // Вестник КРАСГАУ. 2017. Т. 12 (135). С. 34–43.
12. Тихонович И.А., Завалин А.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации РФ // Плодородие. 2016. № 5. С. 28–32.
13. Завалин А.А., Алферов А.А., Чернова Л.С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрехимия. 2019. № 8. С. 83–96.
14. Панферова Т.В., Пухальский Я.В., Митюков А.С., Воробьев Н.И., Кампутин И.В., Кожемяков А.П., Лактионов Ю.В., Лоскутов С.И., Якубовская А.И., Ивахнюк Г.К. Оценка применения биопрепарата комплексного действия Агрофил и полигуматов сапропеля на интенсификацию физиологических процессов *Allium* сера L. при росте в омгничной гидрокультуре // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 38–44.
15. Мыхлык А.И., Дуктова Н.А. Физиология устойчивости сельскохозяйственных растений: методические указания по выполнению лабораторных работ. Горки: БГСХА, 2020. 77 с.
16. Лебедев В.Н., Ураев Г.А. Основы обработки экспериментальных данных с использованием табличного процессора Excel: учебное пособие для студентов педагогических специальностей. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2021. 54 с.
17. Лебедев В.Н. Ассоциативные штаммы бактерий как современный элемент экологизации выращивания капустных растений // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2014. № 168. С. 49–53.

СТАТЬИ

УДК 911.9

**ТРАНСПОРТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА  
СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ  
ПО КЛЮЧЕВОЙ МАГИСТРАЛИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ  
ГОРОДА ЧИТЫ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ**

**Борисов В.Н.**

*ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Чита,  
e-mail: vladimir.88borisov@yandex.ru*

Исследование посвящено анализу дорожного движения на одной из ключевых автомагистралей города, выяснению причин, приводящих к замедлению транспортного потока в часы пиковой нагрузки на них. Была выбрана одна из наиболее значимых магистралей, обеспечивающая сквозной проезд через центральную часть города. Произведено разделение изучаемого пути на шестнадцать однородных участков, и для каждого из них проведены замеры скоростного режима для автотранспорта в обоих направлениях. На основании полученных данных создана таблица скоростей, а также построена транспортная картограмма. Все это позволило наглядно показать разницу в скорости преодоления отрезков, а также обозначить лимитирующие участки, которые, как правило, и являются главными причинами затруднения движения транспортных потоков. Проведено детальное изучение всех лимитирующих участков и определены факторы их возникновения. Для каждого конкретного участка были предложены свои эффективные решения, внедрение которых позволило бы значительно повысить скорость движения. Результаты работы могут быть использованы исследователями в научно обоснованной корректировке схем движения городского автомобильного транспорта и потоков пешеходов, а также разработки комплексных схем организации дорожного движения.

**Ключевые слова:** схемы дорожного движения, лимитирующие участки, транспортные потоки, пропускная способность

**TRANSPORT AND GEOGRAPHICAL EXAMINATION  
OF THE HIGH-SPEED MODE OF TRAFFIC ALONG  
THE KEY HIGHWAY OF THE CENTRAL PARTS OF THE CITY  
OF CHITA OF THE TRANS – BAIKAL TERRITORY**

**Borisov V.N.**

*Transbaikal State University, Chita, e-mail: vladimir.88borisov@yandex.ru*

The study is devoted to the analysis of traffic on one of the key highways of the city, finding out the reasons that lead to a slowdown in traffic flow during peak hours on them. One of the most significant highways was chosen, providing through passage through the central part of the city. The division of the studied path into sixteen homogeneous sections was made, and for each of them measurements of the speed limit for vehicles in both directions were carried out. Based on the data obtained, a table of speeds was created, as well as a transport cartogram was built. All this made it possible to clearly show the difference in the speed of overcoming the segments, as well as to identify the limiting sections, which, as a rule, are the main reasons for the obstruction of traffic flows. A detailed study of all the limiting areas was carried out, and the factors of their occurrence were determined. Effective solutions were proposed for each specific section, the implementation of which would significantly increase the speed of movement. The results of the work can be used by researchers in the scientifically-based correction of traffic patterns of urban motor transport and pedestrian flows, as well as the development of integrated traffic management schemes.

**Keywords:** traffic patterns, limiting sections, traffic flows, capacity

Город Чита является удобным полигоном для экономико-географических исследований. На 2023 г. численность населения Читы (Россия) составляет 324 050 чел. Чита занимает 56 место в России по численности населения из 1117 городов [1], а площадь города 534 км<sup>2</sup> [2], что больше площадей таких городов Сибири и Дальнего Востока, как Томск (297,2); Иркутск (280); Улан-Удэ (347,6); Хабаровск (389); Владивосток (331,2). Большая площадь города в сочетании с небольшой (для данной площади) численностью порождает значительные внутренние территориальные различия в социально-экономических параметрах,

что является предметом изучения экономической географии.

Город Чита нуждается в научно обоснованной корректировке схем движения городского автомобильного транспорта и потоков пешеходов. Необходимо, учитывая географическую специфику города, предложить корректировку схем, при этом постараться адаптировать имеющийся в общероссийской и международной практике опыт. В последние годы проблема организации дорожного движения обостряется в связи с ростом автомобильного парка города и увеличением числа жителей. Многие схемы организации дорожного движения уже

не отвечают современным требованиям. Денежные средства на усовершенствование схем дорожного движения расходуются без географической экспертизы предлагаемых схем. В Чите отсутствует система переключения схем движения в зависимости от времени суток и загруженности лимитирующих участков.

Ключевой магистралью опорной улично-дорожной сети Читы является улица И.В. Бабушкина с логическим продолжением – проспектом Генерала Белика. Во-первых, данный участок дорог обеспечивает сквозной проезд «периферия – центр – периферия». Самая главная улица города – улица Ленина, проходящая параллельно улице И.В. Бабушкина, не обеспечивает сквозного движения, так как разделена площадью Ленина, движение в объезд которой осуществляется по улицам Чайковского и Амурской. Во-вторых, ключевой характер проявился в самой высокой загруженности данной магистрали во всем городском пространстве. В-третьих, на данном маршруте имеется самое высокое разнообразие различных типов перекрестков, как по форме управления, так и по форме пространственной организации: регулируемые и нерегулируемые; традиционные, круговые и Y-образные. Кроме того, расстояния между перекрестками также значительно отличаются, что создает большие различия в скорости их преодоления.

Цель исследования – транспортно-географическая экспертиза скоростного режима дорожного движения по ключевой магистрали центральной части опорной улично-дорожной сети Читы Забайкальского края.

Анализ литературы по исследуемой проблеме скоростных режимов в улично-дорожных сетях городов на платформе eLIBRARY.RU показал, что по запросу «скоростной режим улично-дорожной сети» имеется 2694 из 41058024 (дата обращения 19.02.2023). Большая часть научных работ выполнена по техническим наукам. Работ по географическим наукам обнаружено не было. Кроме того, не было обнаружено работ, посвященных улично-дорожной сети Читы (Забайкальский край).

Можно отметить несколько направлений изучения проблем организации движения в улично-дорожной сети городов, приведя в пример работы, которые оказали наибольшее влияние на ход представленного исследования. Во-первых, отметим работы по изучению безопасности дорожного движения

[3, 4]. Во-вторых, интерес вызвали работы по организации дорожного движения и оптимизация отдельных участков [5–9].

В представленной работе авторы в центр внимания поместили вопрос удобства движения (организации скоростного режима), то есть клиент-центрированный подход.

### **Материалы и методы исследования**

В исследовании нашли применение методы всех уровней: философские, общенаучные и специфические – географические.

Диалектика, как философский метод, выражается в выявлении противоречия между имеющимися и необходимыми скоростями движения автомобильного транспорта на отдельных участках. Данное диалектическое противоречие выражается в виде появления лимитирующих участков. Задача исследователя – предложить пути разрешения данных противоречий.

Общенаучные методы исследования: территориальный подход (рассматривается территориализованный процесс – улично-дорожное движение); типологический подход (авторы выделяют участки с различными режимами движения).

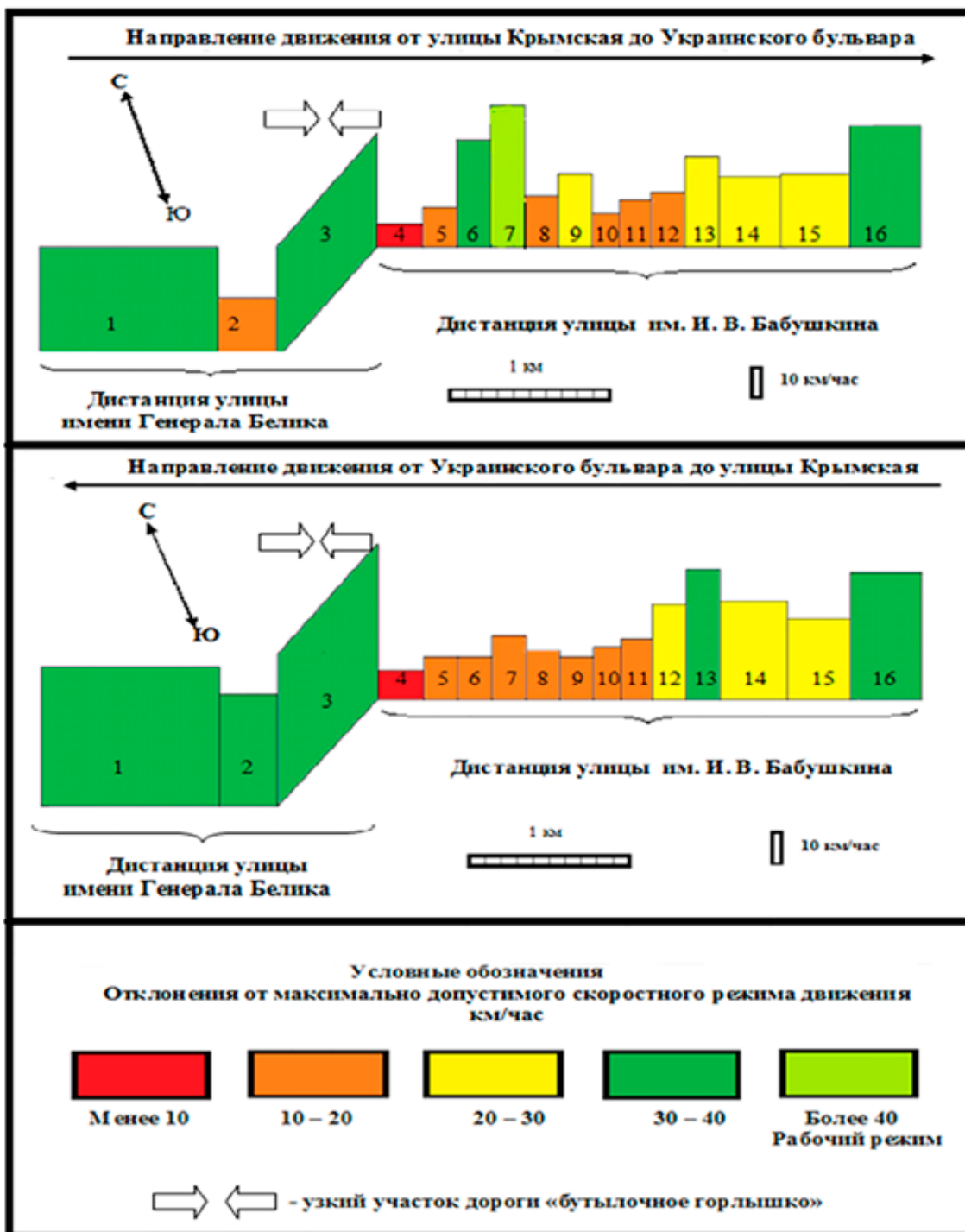
Метод транспортных картограмм скорости дорожного движения на участках между перекрестками, который получил применение в данной статье, можно назвать специфическим транспортно-географическим методом.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Основные затруднения в движении, как правило, связаны с наличием крутых поворотов основного направления движения транспортных потоков, локальными сужениями проезжей части, высокой интенсивностью транспортных средств, недостатками существующей организации дорожного движения [10]. На территории Читы транспортные заторы периодически возникают на пересечении следующих улиц:

- Генерала Белика – Бабушкина;
- Баргузинская – Бабушкина;
- Генерала Белика – Комсомольская;
- Романовский тракт – Ковыльная;
- Карла Маркса – проспект Советов;
- Генерала Белика – Ленина.

Рассмотрим проблемы, возникающие при движении транспорта в городе на примере ул. Бабушкина и ее логического продолжения – ул. Генерала Белика. Общая протяженность выбранной для изучения дистанции составляет 6,1 км.



Скоростные режимы вечернего движения автотранспорта на участках ул. Генерала Белика и Бабушкина (по состоянию на 9 января 2023 г. между 19 и 20 ч)

На всем протяжении насчитывается 17 светофорных объектов, 7 пересечений с равнозначными магистралями из которых 2 участка с кольцевым движением и 18 пересечений с второстепенными магистралями. Максимальная интенсивность движения в часы пик

по ул. Бабушкина составляет от 892 (при пересечении с ул. Генерала Белика) до 1064 ед. в час (при пересечении с ул. Полины Осипенко); а по ул. Генерала Белика – от 955 (при пересечении с ул. Бабушкина) до 2117 ед. в час (при пересечении с ул. Ленина) [11].

## Результаты исследования движения транспортных потоков в часы пик

Вечерний час пик (с 17.30 до 18.00)				Обратно		
Ул. Генерала Белика		Время	Расстояние	Скорость	Время	Скорость
1	От ул. Комсомольская до ул. Крымская	1 мин 46 с	1160 м	39,4 км/ч	2 мин 5 с	33,4 км/ч
2	От ул. Ленина до ул. Комсомольская	43 с	380 м	31,8 км/ч	1 мин 20 с	17,1 км/ч
3	От ул. Шилова до ул. Ленина	1 мин 20 с	960 м	43,2 км/ч	1 мин 56 с	29,8 км/ч
Ул. Бабушкина						
4	От ул. Богомягкова до ул. Шилова	2 мин 17 с	315 м	8,3 км/ч	2 мин 42 с	7 км/ч
5	От ул. Курнатовского до ул. Богомягкова	2 мин 25 с	225 м	11,5 км/ч	1 мин 9 с	11,7 км/ч
6	От ул. Журавлева до ул. Курнатовского	1 мин 7 с	220 м	11,5 км/ч	25 с	31,7 км/ч
7	От ул. Бутина до ул. Журавлева	45 с	220 м	17,6 км/ч	19 с	41,7 км/ч
8	От ул. Ленинградская до ул. Бутина	1 мин 00 с	230 м	13,8 км/ч	55 с	15 км/ч
9	От ул. Горького до ул. Ленинградская	1 мин 6 с	220 м	12 км/ч	36 с	22 км/ч
10	От ул. П. Осипенко до ул. Горького	45 с	190 м	15,2 км/ч	1 мин 7 с	10,2 км/ч
11	От ул. 9 Января до ул. П. Осипенко	48 с	220 м	16,5 км/ч	55 с	14,4 км/ч
12	От ул. Н. Островского до ул. 9 Января	30 с	225 м	27 км/ч	53 с	15,5 км/ч
13	От ул. Столярова до ул. Н. Островского	22 с	230 м	37,6 км/ч	31 с	26,7 км/ч
14	От ул. Баргузинская до ул. Столярова	56 с	440 м	28,3 км/ч	1 мин 14 с	21,4 км/ч
15	От ул. Верхоленская до ул. Баргузинская	1 мин 9 с	450 м	23,4 км/ч	1 мин 13 с	22 км/ч
16	От Украинского бульвара до ул. Верхоленская	51 с	500 м	36,7 км/ч	50 с	36 км/ч

При исследовании движения транспортных потоков в часы пик на всем протяжении ул. Бабушкина и Генерала Белика, как в одном, так и в другом направлениях было выявлено несколько проблемных участков, а также ряд закономерностей. Все расстояние было поделено на 16 однородных отрезков, и для каждого из них были проведены замеры расстояний, времени их преодоления и средней скорости движения на них. Все измерения отражены в таблице, а также графике-анаморфозе на рисунке.

По данным, полученным в результате исследования, были сделаны следующие выводы.

1. Оптимальным временем преодоления данного участка, при движении со средней разрешенной скоростью – 60 км/ч считается 6 мин 10 с, но по причине возникнове-

ния многочисленных заторов отклонение от данного показателя составляет более чем два с половиной раза (17 мин 51 с в одном направлении и 17 мин 40 с в другом).

2. Плотность транспортного потока в зимнее время на данном маршруте не является слишком высокой, и скорость преодоления почти всех участков является относительно одинаковой.

3. Самая высокая скорость зафиксирована на самых протяженных участках по причине того, что транспортные средства набирают здесь максимальную скорость между началом движения и остановками на перекрестках, а также на участках более коротких, загруженность которых является наименьшей (таблица). К данной категории можно отнести участки номер 1, 2, 3, 13, 16 в направлении ул. Крымская и участки

номер 1, 3, 6, 7, 16 в направлении Украинского бульвара (рисунок).

4. Минимальная скорость движения зафиксирована на коротких участках с самым интенсивным движением: участки 5, 6, 7, 8, 9 в направлении улицы Крымская и участки 5, 8, 10, 11, 12 в направлении Украинского бульвара (рисунок).

5. Было выявлено несколько проблемных участков, как линейных, так и точечных, на которых скорость транспортного потока снижается до минимальных значений, а также нами были предложены локальные планировочные мероприятия по организации на них дорожного движения, которые позволят существенно снизить заторы (таблица).

Точечными проблемными участками являются следующие:

– перекресток с кольцевым движением на пересечении ул. Белика и Бабушкина, в часы пик здесь образуются протяженные заторы как в одном, так и в другом направлении, по причине сложности въезда на кольцо. Например, средняя длина затора, образующаяся при движении со стороны Украинского бульвара, составляет около 250 м, а время, проводимое в «пробке» – около 1,5 мин. Решением должно стать устройство уширений на подходах к перекрестку и дополнительной третьей полосы для поворота направо, минуя въезд на кольцо, как в одном, так в другом направлении. В долгосрочной перспективе здесь не обойтись без сооружения двухуровневой автомобильной развязки, которая позволит избежать пересечения потоков транспортных средств;

– Y-образный перекресток, место соединения ул. Генерала Белика и Ленина, здесь проблемы с проездом в обе стороны связаны с самым большим в городе трафиком, который образован объединением двух крупных потоков в один и образованием «бутылочного горлышка» до ул. Комсомольская, но, несмотря на огромный поток транспорта, крупные заторы образуются реже (рисунок). Для решения данной проблемы необходимо предусмотреть выделение дополнительных полос для движения в обоих направлениях;

– перекресток с кольцевым движением на пересечении ул. Бабушкина и Баргузинская, в сторону перекрестка с ул. Верхоленская здесь образуется очередь из желающих проехать (рисунок). Для уменьшения заторов также требуется создать вместо кольца традиционный перекресток, а на освободившемся пространстве организовать

уширения для поворота направо, а также «островки безопасности»;

– перекресток ул. Бабушкина и Курнатовского, где имеется наземный пешеходный переход и в связи с большим количеством пешеходов в часы пик транспортные средства испытывают определенные затруднения с проездом в обоих направлениях. Решением может стать установка здесь светофора, который позволит отрегулировать поток пешеходов.

Примерами линейного проблемного участка являются:

– отрезок от перекрестка с кольцевым движением на пересечении ул. Белика и Бабушкина до пересечения ул. Бабушкина и Богомягкова. Заторы здесь вызваны остановами маршрутного транспорта, которые исключают правую полосу для движения, а отсутствие уширения на перекрестке для поворота налево – левую, в итоге на длительное время весь транспортный поток здесь может остановиться (таблица). На этом отрезке необходимо устройство дополнительных карманов для остановок маршрутного транспорта общего пользования, а также устройство специальных мест проездов для потоков, поворачивающих налево;

– отрезок между перекрестками с ул. Ленина и Комсомольской. Главной проблемой здесь является сужение дороги и образование на всем протяжении «бутылочного горлышка», причем увеличение полос для движения не происходит (рисунок). Данный участок дороги объединяет потоки транспортных средств в одном направлении с ул. Генерала Белика и Ленина (важнейших и самых загруженных в центральной части города) и с ул. Комсомольской и Генерала Белика в другом направлении. В будущем, с возрастанием автомобильного трафика, пропускная способность магистрали приблизится или даже превысит максимально допустимую, что будет являться причиной частых заторов. Решением проблемы должно стать расширение дороги до шести полос, что позволит развести потоки ул. Генерала Белика и Ленина – Комсомольская и снизить плотность потока транспорта.

Движение транспорта по улицам, составляющим опорную сеть города, должно быть максимально отрегулировано. Если на центральных магистралях средняя скорость на разных участках может отличаться в разы, то это показатель плохой организации движения во всем городе, так как по мере удаления от центральной магистрали проблемы только усугубляются.

### Заключение

Как стало понятно в результате исследования, проблемы чаще всего возникают на перекрестках и на участках с кольцевым движением. Анализируя причины снижения пропускной способности магистрали, выяснили, что уменьшение скорости транспортного потока чаще всего связано со следующими факторами:

1. Остановками транспорта общего пользования, что способно на некоторых участках полностью исключить правую полосу движения на довольно продолжительный период времени.

2. Высокоинтенсивным движением на кольцевых перекрестках, что в свою очередь лишает возможности въезда на них на продолжительное время во всех возможных направлениях.

3. Отсутствием уширения проезжей части для поворота налево, по причине чего работа левой полосы движения сильно ограничена.

4. Высокой интенсивностью движения автомобильных потоков. Особенно остро данная проблема ощущается в местах, где соединяются важнейшие транспортные артерии города.

5. Интенсивным неорганизованным движением пешеходов по наземным переходам, на которых не используется светофорное регулирование.

Решение существующих проблем на исследуемых транспортных путях возможно за счет комплекса локальных планировочных мероприятий, используемых для организации дорожного движения.

### Список литературы

1. Chislennost.com [Электронный ресурс]. URL: [https://chislennost.com/ru/ru/population\\_of\\_chita\\_2287.html](https://chislennost.com/ru/ru/population_of_chita_2287.html) (дата обращения: 20.01.2023).
2. Официальный сайт города Читы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.admin.chita.ru/> (дата обращения: 20.01.2023).
3. Добромиров В.Н., Евтюков С.С. Скорость как фактор влияния на безопасность дорожного движения // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10248> (дата обращения: 21.03.2023).
4. Николаева Р.В., Гимаданов А.И. Оценка влияния технических средств организации дорожного движения на безопасность дорожного движения // Техника и технология транспорта. 2019. № 3 (14). С. 8.
5. Блинкин М.Я. Качество планирования городских транспортных сетей в зеркале классических моделей теории транспортного потока // Городские исследования и практика. 2015. С. 55–66. DOI: 10.17323/usp00201556-67.
6. Семенов Е.Л. Оценка схемы организации дорожного движения на отдельных участках улично-дорожной сети // Просвещение и познание. 2021. № 7 (7). С. 12–47.
7. Тропина М.А., Тихонкин И.В. Совершенствование организации дорожного движения и развитие улично-дорожной сети вблизи жилого комплекса «Никольский парк» города Новосибирска // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. 2022. № 2 (5). С. 48–53.
8. Ананьев Е.И., Залукаева Н.Ю., Горюшинский В.С. Организация одностороннего движения как метод увеличения пропускной способности улично-дорожной сети города // Транспортное дело России. 2017. № 5. С. 136–139.
9. Зедгенизов А.В., Брянских Т.Б., Ларин Р.У.Т. Оценка потребной площади при размещении жилых комплексов в плане урбанизированных территорий и их влияние на качество организации дорожного движения прилегающих улично-дорожной сети // Мир транспорта и технологических машин. 2022. № 3–4 (78). С. 88–94.
10. Солодкий А.И., Черных Н.В. Повышение уровня обслуживания дорожного движения в крупных и средних городах России // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 1 (78). С. 191–197.
11. Комплексная схема организации дорожного движения автомобильных дорог общего пользования местного значения на территории городского округа «Город Чита». Разработка ООО «ДорМостПроект». Воронеж, 2020.



УДК 504.75

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ  
К ОЦЕНКЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ  
ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕКТОРА  
В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Заозерский Г.Н., Губайдуллин М.Г.**

*ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова»,  
Архангельск, e-mail: g.zaozerskij@narfu.ru*

В ходе исследования выполнены работы по анализу методик оценки климатического риска для предприятий нефтегазового сектора Российской Федерации, расположенных в Арктической зоне. Были рассмотрены наиболее актуальные отечественные и зарубежные подходы, применяемые для рассматриваемых объектов. Выявлено, что на данный момент практически все крупные нефтегазовые компании ведут работы по оценке климатических рисков в рамках различных видов отчетности, в частности CDP и SASB. Помимо этого определены основные факторы риска, указывающие на специфику идентификации рисков при его анализе, например характерные для районов Крайнего Севера показатели разрушения многолетней мерзлоты и уменьшения ледовитости морей. Отличительной особенностью всех методик является внедрение инструментов по применению климатических моделей, в частности результаты международного проекта CMIP, с целью проекции рисков на будущие изменения климата в исследуемом регионе. Для Российской Федерации исследования могут осуществляться как в рамках международного стандарта семейства ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010, так и согласно вновь изданному приказу министерства экономического развития «Об утверждении методических рекомендаций по вопросам адаптации к изменениям климата». Отдельно стоит выделить экономическую оценку риска, так как данный этап является одним из наиболее сложных с методической точки зрения, поскольку проекция будущих стоимостных значений нефтегазовых активов будет варьироваться от множества факторов. Авторами данного исследования приведены возможные подходы к решению данной проблемы.

**Ключевые слова:** изменения климата, нефть и газ, оценка климатических рисков, Арктика, Крайний Север

**ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO CLIMATE RISK  
ASSESSMENT FOR OIL AND GAS SECTOR ENTERPRISES  
IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**Zaozerskiy G.N., Gubaydullin M.G.**

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk,  
e-mail: g.zaozerskij@narfu.ru*

In the course of the study the methods of climate risk assessment for oil and gas enterprises of the Russian Federation located in the Arctic zone were analyzed. The most actual domestic and foreign approaches applicable to the objects under consideration were considered. It was revealed that at the moment almost all major oil and gas companies are working on climate risk assessment within different types of reporting, in particular CDP and SASB. In addition, the main risk factors indicating the specifics of risk identification in its analysis have been identified, for example, indicators of permafrost destruction and reduction of sea ice extent typical for the Far North regions. A distinctive feature of all methodologies is the introduction of tools for applying climate models, in particular the results of the international CMIP project, in order to project risks to future climate change in the region under study. For the Russian Federation, studies can be carried out both within the framework of international standard GOST R ISO/IEC 31010 and according to the newly issued order of the Ministry of Economic Development "On approval of methodological recommendations on adaptation to climate change". The economic assessment of risk should be highlighted separately, as this stage is one of the most complex from a methodological point of view, as the projection of future values of oil and gas assets will vary from a variety of factors. The authors of this study present possible approaches to solving this problem.

**Keywords:** climate change, oil and gas, climate risk assessment, Arctic, Far North

Последствия климатических изменений становятся все более ощутимыми с каждым годом, что отмечается как на международном, так и на общероссийском уровне. Данные изменения затрагивают экономическую и социальные сферы практически всех субъектов Российской Федерации в той или иной степени. Кроме того, примечателен тот факт, что скорость потепления распределена неравномерно по земному шару,

и в некоторых регионах она значительно выше среднемировых показателей. Так, в соответствии с [1] температура на территории России растет в среднем со скоростью 0,45°C за 10 лет, в то время как в некоторых районах Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) скорость роста достигает 0,8°C за аналогичный период времени.

При этом негативная составляющая изменения климата преобладает по отно-

шению к позитивной и выражается это в первую очередь не в плавном росте температуры, а в увеличении количества опасных климатических явлений, таких как волны тепла, наводнения, засухи, штормовые ветра, лесные пожары и т.д. В то же время это приводит и к так называемым вторичным последствиям, к которым можно отнести деградацию многолетней мерзлоты, сокращение срока службы и устойчивости зимних дорог и переправ, что особенно характерно для Арктического региона.

Важность рассматриваемой проблематики отмечается в Российской Федерации и на правительственном уровне, что подтверждается рядом законодательных инициатив в области климата и экономического развития, в частности в климатической доктрине РФ [2], которая среди прочего определяет необходимость исследований, направленных на оценку климатических рисков для экономики и возможные пути адаптации к проявлениям данных рисков. Помимо этого стоит выделить Указ Президента РФ «О стратегии развития АЗРФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» [3], указывающий на необходимость принятия во внимание климатических изменений, приводящих как к новым возможностям для регионов Крайнего Севера, так и сопутствующим рискам ведения хозяйственно-экономической деятельности в данном регионе. В дополнение к вышеупомянутым документам необходимо отметить приказ № 267 Минэкономразвития России «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата» [4].

Переходя к вопросу значимости оценки климатических рисков для Арктического региона, прежде всего следует отметить, что уже на протяжении значительного времени нефтегазовая отрасль активно развивает добычу углеводородов (УВ) в АЗРФ и, как отмечается в [5], играет ключевую роль в рассматриваемом регионе. На данный момент, согласно источнику [6], наиболее интенсивно добыча нефти ведется в районах Обской губы и Енисейского залива Карского моря, а добыча газа в большей степени сосредоточена на месторождениях полуострова Ямал, Гыданского полуострова и шельфа моря Лаптевых. Отмечается, что технологически извлекаемые запасы нефти, приуроченные к АЗРФ, составляют порядка 21 % от всех запасов по РФ, а запасы

газа – 76 %. При этом уже сейчас реализованы такие крупные проекты как «Ямал СПГ», к запуску готовится «Арктик СПГ-2» компании «НОВАТЭК» [7], и отдельно стоит выделить единственный действующий проект по добыче нефти на шельфе Арктики – МЛСП «Приразломная» [8].

При рассмотрении влияния возможных климатических изменений на нефтегазовую отрасль необходимо отметить, что, с одной стороны, это может принести благоприятный эффект, улучшив условия работы буровых установок в зимний период, условия зимней навигации или прокладки трубопроводов. Но в то же время могут возникнуть и негативные последствия, связанные с увеличением нагрузок и рисков как выхода из строя нефтегазового оборудования, так и критического повреждения ключевой инфраструктуры, обусловленных растеплением многолетнемерзлых пород (ММП). При анализе источников [1, 5, 9] были идентифицированы наиболее значимые для АЗРФ климатические риски, влияющие на нефтегазовый комплекс (НК), включая морскую и наземную инфраструктуру. Необходимо отметить, что, согласно рекомендациям международных стандартов [10], климатические риски подразделяются на риски перехода, т.е. связанные с возможными косвенными эффектами климатических изменений на деятельность компании, и физические риски, которые вызваны непосредственно физическими процессами, происходящими в природе и оказывающими влияние на нефтегазодобывающие объекты. В данной работе идет речь только о физических климатических рисках. В табл. 1 приведены климатические риски для НК в АЗРФ.

Таким образом, очевидно, что перечисленные выше риски накладывают значительные требования на НК, обязывающие в максимальной степени принимать меры предосторожности при работе в АЗРФ. Данные обстоятельства должны учитываться не только в действиях, связанных с анализом рисков, но и в комплексе мероприятий по адаптации к потенциальным изменениям климата, в том числе при актуализации стандартов и норм эксплуатации объектов НК.

Цель исследования – провести анализ современных методик по оценке климатических рисков для предприятий нефтегазового комплекса, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации.

**Таблица 1**

Климатические риски, влияющие на НК в условиях АЗРФ [1, 5, 11]

Климатический фактор / Риск	Описание изменения	Проявление (влияние на НК) негативного воздействия
Уменьшение ледовитости арктических морей	Повышается вероятность увеличения числа и интенсивности штормов, повышение уровня моря, рост торосистости ледяного покрова	Усиление береговой эрозии и иные морфологические процессы, особенно проявляющиеся в районах, задействованных при возведении инфраструктурных объектов. Разрушение береговой инфраструктуры и нарушение работы портовых объектов. Угроза работе морских нефтегазовых сооружений
Повышение температуры окружающего воздуха в летний период	Повышение температуры воздуха выше 15 °С	Согласно [12] повышение температуры выше 15 °С приводит к падению мощности компрессорных станций, обслуживающих добычу газа, повышается вероятность возникновения лесных пожаров. Негативное влияние на логистическую инфраструктуру в АЗРФ, где в наибольшей степени распространены «зимники». Повышение аварийности промысловых трубопроводов из-за снижения геокриологической устойчивости в сезонно-талом слое мерзлых пород
Повышение температуры окружающего воздуха в зимний период	Периодические оттепели с переходом через 0 °С	В первую очередь эффект от данного риска проявляется в повышении коррозионной активности, что снижает сроки службы нефтегазового оборудования и конструкционных материалов
Увеличение ветровой нагрузки	Увеличение максимальных скоростей ветра, штормовых ветров	Ухудшение условий работы на открытом воздухе, выполнения высотных работ. Повышение нагрузки на металлоконструкции, повреждение дорожной инфраструктуры
Увеличение осадков	Рост влажности, повышение продолжительности осадков как в зимний, так и в летний период, изменение режима увлажнения	Повышение коррозионной активности, риск выхода из строя всех видов нефтегазового оборудования. Разрушение трубопроводных магистралей, вызванных подтоплением в период половодья
Разрушение многолетней мерзлоты на суше	Усиление деградации многолетнемерзлых пород. Увеличение мощности сезонно-талого слоя мерзлых пород	Критически сказывается практически на всех объектах добычи нефти и газа, расположенных в АЗРФ с наличием многолетнемерзлых пород. Разрушительные последствия оказывают эффект как на логистическую инфраструктуру, так и на процесс добычи УВ, что может повлечь за собой дополнительные экологические и экономические последствия. В соответствии с [12] при протаивании больше чем на 15 см наблюдается прогрессирующее разрушение зданий, деформация буровых установок и сокращается время доступа к ресурсной базе
Разрушение подводной мерзлоты	Высвобождение метана из газогидратных залежей	Риск для морских нефтегазодобывающих сооружений, морских судов, транспортирующих углеводороды

**Материалы и методы исследования**

Материалами для исследования послужили передовые методики и стандарты в области оценки риска в целом и климатического риска в частности. Проанализирован широкий спектр подходов к оценке климатических рисков с проекцией на районы Крайнего Севера.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Наиболее общие подходы к оценке рисков изложены в семействе стандартов ISO 31000, которые в России представлены стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска». Данный стандарт приме-

ним для множества областей, включая и оценку климатических рисков. Важным его принципом является то, что он объединяет три основных процесса: идентификацию, анализ и материализованную оценку риска [13].

Основой для оценки климатических рисков служат труды международной группы по изменению климата (МГЭИК) [14]. В концепцию климатического риска, представленную в пятом оценочном докладе МГЭИК [15], входят три определяющих компонента – это уязвимость, подверженность и опасные явления (рис. 1).

В приказе Минэкономразвития [4] дано обоснование термина климатический риск как совместной характеристики вероятности опасных проявлений климатического фактора и его воздействия на объект этого воздействия (реципиент), выраженное в величине ущерба, характерного для повторяемости заданных явлений. Данное определение схоже с используемым в отечественной литературе такими исследователями, как Н.В. Кобышева [16] и В.А. Акимов [17], которые климатический риск определяют как произведение вероятности конкретной метеорологической опасности на вероятность уязвимости реципиента, подверженного этой опасности. Значение климатического риска выражается в долях единиц или процентах. Отдельное внимание уделяется

тому, что в качестве реципиента климатообусловленного риска могут восприниматься не только отдельные объекты, но и целые территории или отрасли.

При рассмотрении подходов в компаниях следует подчеркнуть, что оценка климатических рисков тесно связана с политикой по регулированию парниковых газов. На это указывают вышедший приказ об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата [4] и распоряжение от 29 октября 2022 № 3240 об утверждении «Единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ» [18]. В то же время отмечается, что многие нефтедобывающие компании уже предоставляют как отчетность по выбросам парниковых газов, так и (некоторые из них) по рискам для добровольной международной отчетности. Анализ ситуации в российских компаниях на основании ежегодных отчетов об устойчивом развитии представлен в табл. 2.

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что российские компании, ведущие добычу в АЗРФ, активно вовлечены в процесс инвентаризации выбросов парниковых газов и в процесс оценки выбросов для их активов, расположенных в исследуемом регионе, что говорит об интересе данных компаний к наиболее продвинутым методам оценки климатических рисков.

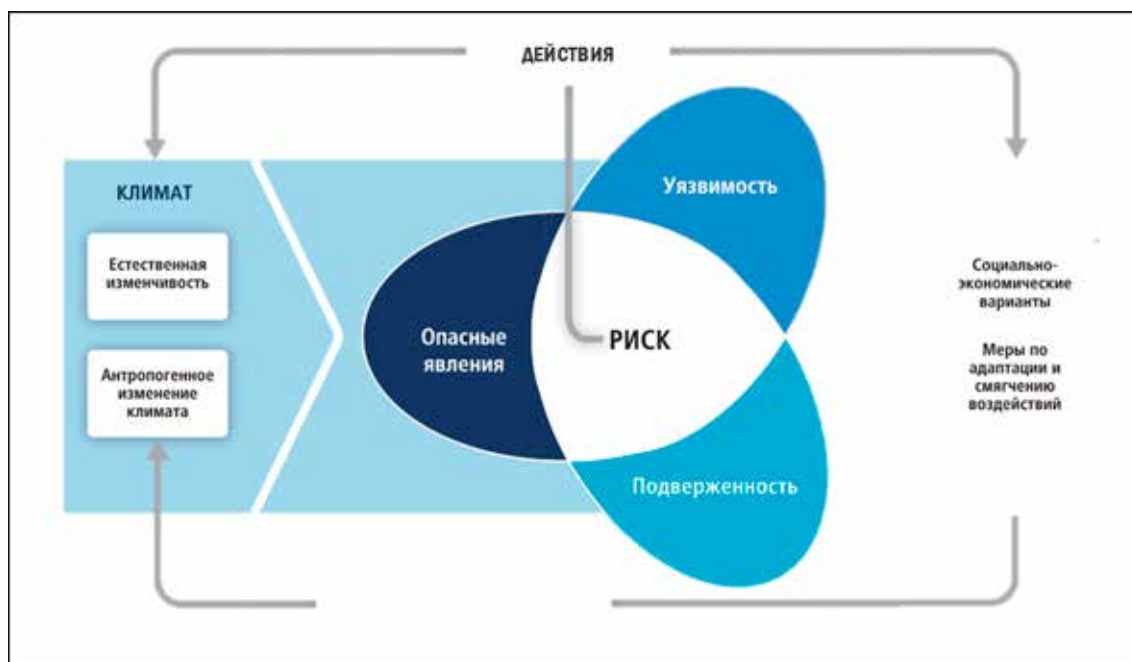


Рис. 1. Иллюстрация понятия о климатическом риске по данным МГЭИК [15]

Таблица 2

Анализ данных по раскрытию информации, связанной с климатом, среди российских компаний, ведущих добычу УВ в АЗРФ

Компания	Предоставление данных о выбросах ПГ в отчете об устойчивом развитии	Выбросы ПГ в области Охват 1 за 2021 год, млн т CO <sub>2</sub> – экв.	Международная добровольная отчетность / стандарты по раскрытию нефинансовой информации	Предоставление информации об оценке климатических рисков
Газпром <sup>1</sup> [19]	Да	243,3	CDP [20]	Да
Газпром нефть <sup>2</sup> [21]	Да	21, 7	CDP, SASB [22]	Да
Лукойл [23]	Да	36, 4	CDP, SASB	Да
Новатэк [24]	Да	10,0	CDP, SASB	Да
Роснефть [25]	Да	54,2	CDP	Отсутствует/ Информация в закрытом доступе

<sup>1</sup> Данные представлены по всей группе ПАО «Газпром», с включением ПАО «Газпром Нефть» и др. обществ группы.

<sup>2</sup> Данные представлены за 2020 г., так как за 2021 г. отдельного отчета для ПАО «Газпром Нефть» не представлено на официальном сайте.

В настоящее время все большее распространение получают методики с возможностью перспективной оценки будущих изменений климата. Такая тенденция подтверждается шестым докладом об изменении климата МГЭИК, где по сравнению с рис. 1, концепция климата дополнена вектором, направленным на предотвращение потенциальных рисков, а не на оценку их влияния на текущую ситуацию [26].

Для оценки изменений будущего климата учеными применяются глобальные климатические модели, а в особенности проекты по сравнению результатов моделирования, проведенного различными мировыми научными центрами. В настоящее время наибольшее распространение получил проект CMIP (Coupled Model Intercomparison Project, в частности результаты его шестой фазы CMIP 6 использовались при составлении третьего оценочного доклада об изменении климата на территории России [9].

Опорными инструментами при моделировании климата являются сценарии климатического воздействия на систему. До недавнего времени наиболее распространенной группой сценариев являлась RCP (Representative Concentration Pathways), которая отражает величину предполагаемого антропогенного радиационного воздействия к 2100 г., выраженную в Вт/м<sup>2</sup>. Сейчас распространение получила сценарная структура SSP (Shared Socioeconomic Pathways) – путь совместного социально-экономического раз-

вития, отражающий сценарии эволюции общества и экосистем в XXI в. На практике используется структура SSP-RCP, где соответственно первый индекс отражает сценарий социально-экономического развития, а второй – величину радиационного воздействия, например SSP1-2.6.

Воспользоваться результатами модельных расчетов можно на сайте Росгидромета [27], где представлены значения оценки для новых сценариев изменения содержания парниковых газов и аэрозолей в атмосфере SSP1-2.6, SSP2-4.5 и SSP5-8.5. Результаты по изменению среднегодовой температуры у поверхности Земли для двух регионов АЗРФ – Ямало-Ненецкого и Ненецкого автономных округов для сценария SSP5-8,5 с базовым периодом 1995-2014 годы приведены на рис. 2 по всему ансамблю моделей шестой фазы проекта CMIP. В случае же проведения исследований для конкретных территорий необходим выбор определенного количества моделей или одной-единственной модели. Подходы, применяемые при подобном выборе, описываются в [28].

Как уже упоминалось выше, на данный момент существуют различные программы по раскрытию информации, связанной с климатическими рисками, как на добровольной основе (CDP, SASB), так и на обязательной основе, что обеспечивается Указом РФ [4] о применении методических рекомендаций по оценке климатических рисков.

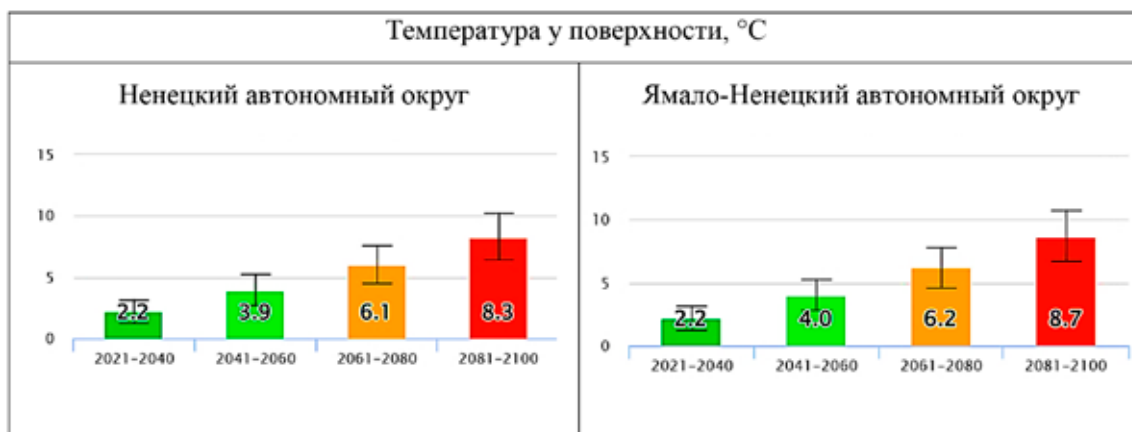


Рис. 2. Результаты сценарных прогнозов с помощью ансамбля климатических моделей CMIP6

Таблица 3

Анализ методических подходов к оценке климатических рисков

Организация/ методология	Описание методики	Сценарии	Оцениваемые факторы / Опасности
Trucost, Анализ физических рисков изменения климата [29]	5-этапная процедура: 1. Составление карты климатических опасностей 2. Описание физических активов. Их географическое местоположение 3. Ранжирование физических рисков для активов компании 4. Оценка физического риска на основе воздействия на выручку 5. Итоговое значение риска. Среднее или средневзвешенное значение.	RCP 2,6 RCP 4,5 RCP 8,5	Засухи Наводнение Волны тепла Волны холода Ураганы Природные пожары Повышение уровня океана
Carbon4 Finance, Скрининг воздействия климатических рисков (CRIS) [30]	3-этапная процедура 1. Сбор информации по географическому и отраслевому признаку 2. Ранжирование рисков для каждой опасности и временного горизонта 3. Расчет агрегированных значений риска. Для конкретного риска (опасности) – среднее арифметическое. Для нескольких рисков (опасностей) – среднее геометрическое.	RCP 4,5 RCP 6,0 RCP 8,5	7 прямых факторов (опасностей): Экстремальные: изменения в интенсивности или частоте тепловых волн, экстремальных осадков и штормов, изменения в частоте и продолжительности экстремальных засух Хронические: повышение уровня моря, изменения в режиме выпадения осадков, повышение средней температуры. 9 косвенных факторов (опасностей): сокращение биоразнообразия, ухудшение качества воздуха, острова тепла в городах, нехватка воды, лесные пожары наводнения, оползни и береговая эрозия

Окончание табл. 3

Организация/ методология	Описание методики	Сценарии	Оцениваемые факторы / Опасности
Southpole, Скрининг физических климатических рисков для инвестиционных портфелей [29]	Риск определяется с помощью трех компонентов: – Воздействие – Уязвимость – Опасность Двухэтапная процедура оценки будущего физического климатического риска для трех компонентов: 1. Определение контекста (география, сектор и т.д.). 2. Перспективная оценка рисков (сочетание моделирования климата и уязвимости компании на основании данных компании заказчика)	1°C/(RCP2,6) 2°C/(RCP4,5) 3°C/(RCP6,0) 4°C/(RCP8,0)	Определены функции ущерба, покрывающие опасности (риски)
Н.В. Кобышева, ФГБУ «ГГО им. А.И. Воейкова» [16]	Общий подход основан на ISO 31000 с объединением трех процессов: Идентификации риска, анализ и т.н. «материализованной» оценки. Для АЗРФ приведена методология ФГБУ «ААНИИ», которая включает в себя: – Анализ сценариев изменения климата и основных климатических характеристик. – Исследование сезонных аномалий ледовитости. – Оценка повторяемости, продолжительности и интенсивности опасных явлений. – Формирование вектора основных риск-факторов. – Оценка влияния гидрометеорологических условий на функционирование социально-экономических и природных систем. – Разработка адаптационных мероприятий	Не конкретизировано, даны общие рекомендации	Не конкретизировано, даны общие рекомендации и подходы к определению опасностей для конкретного объекта, территории или отрасли
Приказ № 267 «Об утверждении методических рекомендаций по вопросам адаптации к изменениям климата» [4]	Оценка хозяйственной деятельности проводится по следующему алгоритму: 1. Установление пороговых значений рисков Дополнительно может устанавливаться динамика будущих изменений 2. Оценка экономического ущерба 3. Анализ защищенности 4. Оформление результатов в виде таблицы	Не конкретизировано, рекомендуется использовать результаты научных исследований, представленных Росгидрометом	Список не определен, в качестве примера приведены следующие факторы климата

При этом существует не так много конкретных методик, позволяющих компаниям провести самостоятельную оценку климатических рисков для определенных условий. В табл. 3 приведен анализ наиболее распространенных методик по оценке климатических рисков для коммерческих организаций.

Анализируя данные, представленные в табл. 3, можно прийти к выводу, что мно-

гие подходы имеют общие принципы, основанные на глобальном понимании термина риск и климатический риск в частности. При оценке любого риска важно учитывать влияние экономического эффекта, как это отмечено в большинстве методик, но, учитывая временной горизонт и его проекцию на будущее, с этим могут возникнуть некоторые сложности.



Рис. 3. Алгоритм оценки климатического риска

В методических рекомендациях Минэкономразвития России [4] формула для расчета ущерба представлена следующим выражением:

$$\sum Y = Y1 + Y2 + Y3,$$

где  $\sum Y$  – возможный ущерб;

$Y1$  – балансовая стоимость объектов, подверженных климатическим рискам;

$Y2$  – суммарные затраты, связанные с возможной заменой оборудования и инфраструктуры, работоспособность которых может быть одновременно утрачена;

$Y3$  – упущенный доход и затраты, связанные с простоем оборудования.

Очевидно, что при прогнозировании на достаточно длительный временной горизонт задача усложняется получением стоимостных данных по тому или иному параметру, поэтому в некоторых случаях рекомендуется подход стресс-теста [31], допускающий стоимостную оценку на момент проведения анализа, с учетом того, что недоступны станут все активы компании, подверженные риску (инфраструктурные объекты, оборудование, трубопроводы и т.д.). Схематично любая методика по определению риска сводится к алгоритму, представленному на рис. 3.

### Заключение

Таким образом, в рассматриваемой работе было проанализировано современное состояние методик и подходов к оценке климатических рисков с проекцией на потенциальное применение на объекты НК,

расположенные в АЗРФ. Рассмотрены некоторые подходы как к понятию климатический риск, так и к методикам его определения. В некоторой степени остаются вопросы, связанные с неопределенностью, обусловленной с оценкой будущих изменений климата, поскольку любые проекции на будущее зависят от адекватности и достоверности прогнозных моделей. При этом определено, что использование прогнозных моделей будущих изменений климата является неотъемлемой частью всех методик по определению рисков и требует особого внимания при проведении подобных исследований.

В дальнейшем развитие данной работы будет направлено на оценку рисков для НК одного из регионов АЗРФ с применением выявленных лучших практик. Кроме того, за рамками данной статьи остались подходы по адаптации к изменениям климата, хотя этот процесс реализуется практически одновременно с оценкой рисков, поскольку любой временной прогноз должен сопровождаться разработкой рекомендаций по предотвращению возможного негативного эффекта.

### Список литературы

1. Катцов В.М., Порфирьев Б.Н. Изменения климата Арктики: место климатической науки в планировании и адаптации. Росгидромет. Климатический центр Росгидромета. СПб.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, 2017. 104 с.
2. Распоряжение Президента Российской Федерации от 17.12.2009 г. № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации». Правительство России 17 декабря 2009 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/all/70631/> (дата обращения: 05.02.2023).



3. Указ Президента Российской Федерации «О стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» от 12.11.2021 № 651. Президент России. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (дата обращения: 01.02.2023).
4. Приказ Минэкономразвития России от 13 мая 2021 г. № 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата». Министерство экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/prikaz\\_minekonomrazvitiya\\_rossii\\_ot\\_13\\_maya\\_2021\\_g\\_267.html](https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/prikaz_minekonomrazvitiya_rossii_ot_13_maya_2021_g_267.html) (дата обращения: 02.02.2023).
5. Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета). СПб. – Саратов: Амрит, 2020. 120 с.
6. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Арктической зоны РФ на 15.03.2021 г. // Роснедра. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/45bb8bcc7b844220954744c0149a86f4.pdf> (дата обращения: 10.01.2023).
7. О проекте «Арктик СПГ 2». [Электронный ресурс]. URL: <https://arcticspg.ru/> (дата обращения: 04.02.2023).
8. Приразломное месторождение. ПАО «ГАЗПРОМ» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gazprom.ru/projects/prirazlomnoye/> (дата обращения: 13.03.2023).
9. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Под ред. В.М. Катцова; Росгидромет. СПб.: Научное издание технологии, 2022. 676 с.
10. Целевая группа по раскрытию финансовой информации, связанной с климатом. TCFD [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fsb-tefd.org/> (дата обращения: 13.03.2023).
11. Dong J., Asif Z., Shi Y., Zhu Y., Chen Z. Climate Change Impacts on Coastal and Offshore Petroleum Infrastructure and the Associated Oil Spill Risk: A Review. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022. No. 10. P. 849.
12. Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / Под ред. докт. геогр. наук, проф. Н.В. Кобышевой. СПб., 2008. 336 с.
13. Солдатенко С.А. Об оценке климатических рисков и уязвимости природных и хозяйственных систем в морской арктической зоне РФ // Проблемы Арктики и Антарктики. 2018. Т. 64. № 1. С. 55–70.
14. Отчеты межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipcc.ch/> (дата обращения: 13.02.2023).
15. МГЭИК, 2014а: Изменение климата, 2014: Воздействия, адаптация и уязвимость. Резюме для политиков. Вклад Рабочей группы II в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / под ред. К.Б. Филд, В.Р. Баррос, Д.Дж. Доккен и др. Всемирная метеорологическая организация, Женева, Швейцария, 34 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5\\_wgII\\_spm\\_ru-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_ru-1.pdf) (дата обращения: 13.02.2023).
16. Кобышев Н.В. Методическое руководство по оценке и управлению погодно-климатическими рисками и разработке адаптационных мер с экономическим обоснованием их применения в хозяйственной и социальной сферах // Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова. СПб., 2020. 136 с.
17. Акимов В.А. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике МЧС России. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
18. Распоряжение от 29 октября 2022 года № 3240-р «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ». Правительство России [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/46939/> (дата обращения: 03.02.2023).
19. Отчет об устойчивом развитии ПАО «ГАЗПРОМ» 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://sustainability.gazpromreport.ru/2021/3-environmental-protecti/3-1-climate-conservation/> (дата обращения: 12.02.2023).
20. Информация о проекте «Carbon Disclosure Project». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cdp.net/en/info/about-us> (дата обращения: 13.02.2023).
21. Отчет об устойчивом развитии ПАО «Газпром Нефть» 2020. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.gazprom-neft.ru/files/documents/PDF\\_2020.pdf](https://www.gazprom-neft.ru/files/documents/PDF_2020.pdf) (дата обращения: 11.02.2023).
22. Группа стандартов SASB. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sasb.org/company-use/sasb-reporters/> (дата обращения: 05.02.2023).
23. Отчет об устойчивом развитии ПАО «ЛУКОЙЛ» 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://lukoil.ru/FileSystem/9/592424.pdf> (дата обращения: 11.02.2023).
24. Отчет об устойчивом развитии ПАО «Новатэк» за 2021 год. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.novatek.ru/common/upload/2022\\_Novatek\\_OUR\\_RUS.pdf](https://www.novatek.ru/common/upload/2022_Novatek_OUR_RUS.pdf) (дата обращения: 11.02.2023).
25. Отчет об устойчивом развитии ПАО «НК «Роснефть» 2021. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.rosneft.ru/upload/site1/document\\_file/Rosneft\\_CSR2021\\_RUS.pdf](https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_file/Rosneft_CSR2021_RUS.pdf) (дата обращения: 11.02.2023).
26. Шестой оценочный доклад по изменению климата МГЭИК. Резюме для специалистов [Электронный ресурс]. URL: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_TechnicalSummary.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_TechnicalSummary.pdf) (дата обращения: 12.02.2023).
27. Сценарные прогнозы на основе глобальных моделей CMIP6. Климатический центр Росгидромета [Электронный ресурс]. URL: <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke-cmip6> (дата обращения: 13.03.2023).
28. Conor I. Anderson and Karen L. Smith Climate Change Impact Assessment: A practical walk-through [Электронный ресурс]. URL: [https://claut.gitlab.io/man\\_ccia/](https://claut.gitlab.io/man_ccia/) (дата обращения: 12.02.2023).
29. Hain, Linda Isabella and Kölbel, Julian and Leippold, Markus, Let's Get Physical: Comparing Metrics of Physical Climate Risk April 19. 2021. P. 17.
30. Скрининг влияния климатического риска. Carbon4 Finance. [Электронный ресурс]. URL: [https://strapiprod.s3.eu-west-3.amazonaws.com/CRIS\\_Guidebook\\_Publicversion\\_November\\_2017.pdf](https://strapiprod.s3.eu-west-3.amazonaws.com/CRIS_Guidebook_Publicversion_November_2017.pdf) (дата обращения: 12.02.2023).
31. Что такое стресс-тестирование. Банк России [Электронный ресурс]. URL: [https://www.cbr.ru/finstab/stress-testing/chto-takoe-stress-testirovanie/what\\_is\\_stress\\_testing/](https://www.cbr.ru/finstab/stress-testing/chto-takoe-stress-testirovanie/what_is_stress_testing/) (дата обращения: 17.02.2023).

УДК 911:339.924(571.6)

## КИТАЙСКИЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Корниенко О.С.

*ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» Дальневосточного отделения  
Российской академии наук, Владивосток, e-mail: olisa@tigdvo.ru*

В работе выполнена оценка современного состояния российско-китайского сотрудничества на Дальнем Востоке, в самом удаленном от центральной части страны регионе и территориально сопряженном с динамично развивающимся Китаем. Обозначены тенденции сотрудничества, названы основные предпосылки для развития двухсторонних взаимоотношений, перечислены основные факторы, как благоприятные, так и лимитирующие развитие региона. Проведен анализ географии внешнеторговых отношений Дальнего Востока и структуры торгового оборота, который показал приоритетное ориентирование Дальнего Востока на Китай и возрастающие объемы двусторонней торговли. Выделены основные товары в структуре экспорта и импорта, где по-прежнему сохраняется тенденция преобладания сырьевой группы товаров с низкой степенью переработки в экспорте и высокотехнологичной продукции в импорте. В ходе работы были проанализированы отчеты международных организаций, занимающихся развитием и координацией российско-китайского сотрудничества, программы развития Дальнего Востока. Были выделены основные перспективные направления дальнейшего российско-китайского сотрудничества в регионе, среди которых можно назвать сотрудничество в сфере транспорта и логистики, нефтегазохимической промышленности, освоение месторождений полезных ископаемых, лесной промышленности, сотрудничество в развитии сельского хозяйства, аквакультуры. Исследование показало, что на современном этапе развития экономики Дальнего Востока, его интеграция в систему международных связей с Китаем становится одним из основных факторов развития, способного влиять на экономику региона. Под влиянием в том числе китайского фактора в регионе формируется современная структура хозяйства. Основным условием благоприятного влияния китайского фактора в обозримой перспективе становится устранение лимитирующих факторов, а также реализация комплекса мероприятий, направленных на создание благоприятных условий сотрудничества.

**Ключевые слова:** Дальний Восток, российско-китайское сотрудничество, внешняя торговля, направления сотрудничества, китайский фактор

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 22-17-00186 «Потенциал приморских поселений для долгосрочного устойчивого развития: содержание и методы оценки на примере Тихоокеанской России».*

## THE CHINESE FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN FAR EAST AT THE PRESENT STAGE

Kornienko O.S.

*Pacific Geographical Institute Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok,  
e-mail: olisa@tigdvo.ru*

The paper assesses the current state of Russian-Chinese cooperation in the Far East, in the region most remote from the central part of the country, and territorially close to dynamically developing China. The trends of cooperation are outlined, the main prerequisites for the development of relations are named, the main factors, both favorable and limiting the development of the region, are listed. The analysis of the geography of foreign trade relations of the Far East and the structure of trade turnover was carried out, which showed the priority orientation of the Far East to China and the increasing volumes of bilateral trade. The main goods are identified in the structure of exports and imports, where the trend of predominance of the raw material group of goods with a low degree of processing in exports, and high-tech products in imports is still preserved. In the course of the work, reports of international organizations involved in the development and coordination of Russian-Chinese cooperation, programs for the development of the Far East were analyzed. The main promising areas for further Russian-Chinese cooperation in the region were identified, among which are cooperation in the field of transport and logistics, the petrochemical industry, the development of solid mineral deposits, the forest industry, cooperation in the development of agriculture, and aquaculture. The study showed that at the present stage of development of the economy of the Far East, its integration into the system of international relations with China is becoming one of the main factors of development that can influence the economy of the region. Under the influence of, among other things, the Chinese factor, a modern economic structure is being formed in the region. The main condition for the favorable influence of the Chinese factor in the foreseeable future is the elimination of limiting factors, as well as the implementation of a set of measures aimed at creating favorable conditions for cooperation.

**Keywords:** Far East, Russian-Chinese cooperation, areas of cooperation, international trade, chinese factor

Российский Дальний Восток является одним из наиболее отдаленных и наименее освоенных регионов страны, который развивается в условиях определенной экономической изоляции от остальной России. При

этом Дальний Восток, названный президентом национальным приоритетом страны в XXI в., по праву можно считать стратегически важным для развития территориальной организации хозяйства всей страны [1].

В настоящее время основная масса мировых товарных и финансовых потоков сконцентрирована в Азиатско-Тихоокеанском регионе, который территориально сопряжен с Дальним Востоком России. Особенно стоит отметить Китай, который после экономических реформ в конце XX в. стал одной из крупнейших мировых держав и продолжает наращивать свой потенциал. Неудивительно, что Китай после оздоровления политических отношений между нашими странами и в современных геополитических реалиях стал объектом пристального внимания России, а дальнейшее интегрирование Дальнего Востока в систему международных отношений АТР стало одним из приоритетных направлений внешнеэкономической политики страны. Таким образом, Китай, вместе с возрастающими и крепнущими связями по многим направлениям сотрудничества с Россией, стал фактором способным влиять на развитие Дальневосточного региона [2].

Целью данной работы стало исследование такого понятия, как китайский фактор развития, анализ его влияния на современную организацию хозяйства Дальнего Востока России.

#### **Материалы и методы исследования**

Для данной работы применялись методы структуризации и обобщенного анализа с использованием официальных данных Федеральной службы государственной статистики, статистика Дальневосточной таможенной службы, отчеты международных организаций, программы развития сотрудничества между двумя странами, данные официальных электронных сайтов.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Заинтересованность двух стран в партнерстве создала предпосылки для активного развития связей между ними. Между сторонами в последний период активно развиваются связи по многим направлениям – внешнеэкономические, торговые, культурные, туристские, научные и пр. Наиболее очевидны и масштабны торговые связи.

Анализируя объемы товарооборотов и географию внешнеэкономического сотрудничества Дальнего Востока последних десятилетий, становится очевидно, что Китай давно закрепился в статусе главного зарубежного партнера. На Китай приходится больше трети торгового оборота Дальнего Востока. При этом в некоторых приграничных регионах

доля торгового оборота с Китаем достигает 90% (Еврейская автономная область (98%), Забайкальский край (88%)) [3].

Внешнеторговый оборот Дальнего Востока с Китаем в 2021 г. составил 13,9 млрд \$ США (это 35,5% от общего оборота). Экспорт – 8,7; импорт – 5,2 млрд \$ США [4]. В целом отмечается положительная динамика и постоянное наращивание объемов двусторонней торговли. В структуре экспорта между Дальним Востоком и Китаем по-прежнему преобладающая доля принадлежит сырьевой группе товаров и товарам с минимальной переработкой, в то время как в импорте наибольшая доля приходится на продукцию машиностроения, электронного оборудования. Основные статьи дальневосточного экспорта представлены в таблице.

Если в региональной географии экспорта с Китаем просматривается участие многих регионов Дальнего Востока, обусловленное в первую очередь наличием в них необходимых природных ресурсов, то в импорте более 75% всех торговых потоков проходит через Приморский край.

Обобщая, можно выделить несколько основных предпосылок, которые создают благоприятные условия и обуславливают активизацию сотрудничества двух стран в регионе в последние десятилетия:

- Благоприятные двусторонние политические отношения в последние десятилетия.

- Территориальное положение Дальнего Востока, который приближен и территориально сопряжен с Китаем, что дает ему конкурентные преимущества по сравнению с остальной частью России.

- Экономика Китая в настоящее время является одной из самых мощных и динамично развивающихся в мире, с огромным рынком потребления, что дает предпосылки для развития сотрудничества по многим направлениям.

- Природно-ресурсный потенциал Дальнего Востока, где расположен ряд крупнейших месторождений, газа, нефти, угля, урана, олова, полиметаллов, драгоценных металлов и минералов, кроме того, в регионе огромны запасы леса, пресной воды, водных биоресурсов.

- Взаимная заинтересованность сторон в сотрудничестве. Россия располагает богатыми природными ресурсами, в которых нуждается динамично развивающийся Китай, который может экспортировать широкий спектр товаров от продовольствия и товаров народного потребления до высокотехнологичной продукции, на которые есть спрос в России.

## Основные статьи экспорта Дальнего Востока с Китаем в 2021 г.

Статья экспорта	Млн \$ США	Регионы – основные экспортеры
Экспорт		
Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки и пр.	3967,4	Сахалинская область 1896,8 млн \$ США (48%), Республика Саха – 1501,2 млн \$ США (37,8%)
Руды, шлак и зола	1904,1	Забайкальский край – 1267,8 млн \$ США (66,6%), Еврейская АО – 372,5 млн \$ США (19,6%), Чукотский АО 74,3 млн \$ США (10,1%)
Рыба, ракообразные, моллюски и др.	962,9	Приморский край – 566,7 млн \$ США (58,8%), Камчатский край – 160,3 млн \$ США (16,6%), Хабаровский край – 132,4 млн \$ США (13,7%), Сахалинская область 99 млн \$ США (10,3%)
Древесина и изделия из нее	794,5	Хабаровский край – 415,8 млн \$ США (52,3%), Приморский край – 246,3 (31%), Республика Бурятия – 85,6 (10,8%)
Летательные аппараты, космические аппараты и их части	417,2	Республика Бурятия 417,2 млн \$ США
Импорт		
Машины, оборудование и механизмы и их части	1541,5	Приморский край – 1104,9 млн \$ США (72%) Забайкальский край – 170,3 млн \$ США (11%)
Электрические машины и оборудование, их части	981,0	Приморский край – 913,9 млн \$ США (93%)
Пластмассы и изделия из них	258,9	Приморский край – 227,3 млн \$ США (88%)
Обувь, аналогичные изделия и их детали	258,7	Приморский край – 205,9 млн \$ США (80%) Хабаровский край – 46,8 млн \$ США (18%)
Средства наземного транспорта, кроме ж/д или трамвайного подвижного состава их части	219,7	Приморский край – 141,6 млн \$ США (64%) Амурская область – 42,3 млн \$ США (19,6%)

Составлено по [4].

Наряду с этими предпосылками в числе благоприятствующих факторов развития сотрудничества можно отметить наличие транспортной и приграничной инфраструктуры. Все функционирующие в настоящее время приграничные пункты пропуска России с Китаем расположены на Дальнем Востоке. Регион является связующим звеном между Китаем и западной частью страны, с развитой транспортной сетью. На его территории начинаются Транссибирская и Байкало-Амурская железнодорожные магистрали, которые являются крупнейшими в мире и в настоящее время расширяются. Железные дороги оснащены инфраструктурой по перевалке сырья. На побережье Дальнего Востока России расположены такие крупные порты, как Находка, Восточный, Владивосток, Ванино, Советская Гавань, которые обеспечивают четверть российского портового грузооборота. Активно развивается в настоящее время трубопроводная сеть.

Однако наряду с позитивными для Дальневосточного региона факторами мож-

но отметить и явно негативные. Так, специализация региона всего на одном торговом партнере сопряжена с определенными рисками. Например, это делает регион зависимым от любых колебаний конъюнктуры внешних рынков, ценовому диктату [3].

Китайский экспорт, наряду с неблагоприятными внутрироссийскими условиями производства, создал серьезную конкуренцию отечественному производителю, что привело к резкому сокращению объемов обрабатывающей промышленности, «работающими» преимущественно остались отрасли, связанные с добычей и первичной переработкой природных ресурсов [5].

Кроме того, неразвитое импортозамещающее производство обуславливает высокую зависимость потребительского рынка от импорта. Продукция отечественного производства хоть и имеет рост объемов производства, в последние годы сильно уступает зарубежным производителям. В связи с отсутствием собственной продовольственной базы в регион необходимо завозить извне более 50% продовольственных товаров.

Недостаточно развитая транспортная и приграничная инфраструктура, низкая пропускная способность пунктов пропуска, нехватка современных перегрузочных терминалов и низкий технический уровень портовой инфраструктуры тормозят развитие сотрудничества.

Тем не менее совокупность благоприятствующих и лимитирующих факторов и геополитическая обстановка в мире обуславливают дальнейшее сохранение благоприятных российско-китайских отношений. В связи с этим уже сейчас необходим анализ наиболее приоритетных направлений сотрудничества, которые необходимо развивать в обозримом будущем.

Сейчас во время визитов правительства двух стран очень часто обсуждаются проекты сотрудничества по многим направлениям. Проанализировав отчеты международных организаций, программы развития регионов и сотрудничества [6–8], можно выделить следующие *основные направления сотрудничества*.

*Транспорт и логистика.* Это одно из основных направлений сотрудничества, поскольку стороны связаны существенными грузопотоками в обоих направлениях и обе стороны заинтересованы в повышении эффективности перевозки грузов.

Так, совместная реализация проектов по развитию международных транспортных коридоров («Приморье-1» и «Приморье-2»), для транзита грузов из Китая через порты Дальнего Востока позволит сократить логистические затраты и снизить сопутствующие риски. В рамках проектов планируется строительство мостовых переходов через пограничные реки.

*Нефтегазохимическая промышленность.* На Дальнем Востоке России уже сформирован один из крупнейших как в России, так и в Азиатско-Тихоокеанском регионе центр нефтегазодобычи, а в настоящее время создается еще и центр нефтегазохимии глобального значения. Перспективным направлением для сотрудничества его делают крупнейшие в макрорегионе запасы нефти и газа (по состоянию на 2019 г. разведанные запасы нефти составили 1,3 млрд т и газа – более 4 трлн м<sup>3</sup>) [9]. Кроме того, в регионе уже есть действующие нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий Океан», газопровод «Сила Сибири» и строится газопровод «Сахалин – Хабаровск – Владивосток» с проектной мощностью газопровода 5,5 млрд м<sup>3</sup>.

Так, в Китай в 2021 г. экспортировано 1,7 млн т сырой нефти и более 2 млн м<sup>3</sup> природного газа [4]. С участием китайских инвесторов в Амурской области был построен Амурский газоперерабатывающий завод ПАО «Газпром». Также на Дальнем Востоке реализуются инвестиционные проекты, такие как Восточный нефтехимический комплекс ПАО «НК «Роснефть» и Амурский газохимический комплекс ПАО «СИБУР Холдинг».

*Освоение месторождений твердых полезных ископаемых.* Китайская сторона заинтересована участвовать в проектах, связанных с разработкой и освоением новых месторождений, а в Дальневосточном регионе расположены крупнейшие в АТР запасы твердых полезных ископаемых, в том числе драгоценных металлов. Кроме того, Китай традиционно выступает одним из основных покупателей этой группы товаров. Так, в 2021 г. в Китай было экспортировано 17,7 млн т каменного угля, 4519 тыс. т железных руд, 301,5 тыс. т медных руд, 83 тыс. т цинковых, 50 тыс. т свинцовых, 19 тыс. т никелевых [4].

*Лесная промышленность.* Запас древесины Дальнего Востока по оценкам на 2021 г. составляет 25,5 млрд м<sup>3</sup> (это более 30% от общероссийского) [8]. Допустимый ежегодный объем заготовки древесины составляет 94 млн м<sup>3</sup>, при этом фактически заготавливается лишь 16,4 млн м<sup>3</sup>. В 2021 г. в Китай было экспортировано 5,5 млн т древесины и изделий из нее на сумму 797,4 млн \$ США [4]. Новая утвержденная таможенная политика направлена на сокращение экспорта необработанной древесины. В регионах уже отмечается тенденция увеличения объемов обработанной древесины относительно необработанной. В перспективе также необходимо наращивать доли лесной продукции глубокой переработки.

*Аквакультура.* Огромная акватория Тихоокеанского побережья Дальнего Востока обладает во многом уникальным потенциалом для сотрудничества в сфере востребованной на рынке Китая аквакультуры. В 2021 г. на Дальнем Востоке добыто чуть более 1 млн т живой и охлажденной морской рыбы (это 77% от общих объемов добычи морской рыбы страны). Также на регион приходится 95% добычи ракообразных в стране (45,4 тыс. т) [8]. В 2021 г. в Китай экспортировано 313 т рыбы и ракообразных на 963 млн \$ США [4].

*Сельское хозяйство.* Дальний Восток обладает огромными земельными ресурсами. Здесь расположены более 2 млн га посевных площадей и более 3,5 млн га пастбищ и сенокосов. В южных регионах вегетационный период длится от 120 до 200 дней, что позволяет развивать в регионе растениеводство, выращивать зерно, сою, кукурузу, рис и др. Также здесь благоприятные условия для развития птицеводства, молочного и мясного скотоводства. Дополнительным преимуществом является экологичность сельскохозяйственной продукции, выращенной и произведенной на российской территории, поскольку использование минеральных удобрений здесь ниже, чем в странах Азии.

Возможно привлечение китайских инвесторов для строительства животноводческих (в том числе свиноводческих) комплексов, кроме того развитие предприятий по переработке сельхозпродукции (например, возможна модернизация завода по производству сахара в Приморском крае).

*Туризм.* Пандемия нанесла огромный удар по туризму, тем не менее туризм остается одной из перспективных форм сотрудничества, поскольку в регионе имеется множество уникальных природных и культурно-исторических объектов, являющихся местом притяжения туристов со всего мира, таких как вулканы и гейзеры Камчатки, природный парк «Ленские столбы» Республики Саха, оз. Байкал в Республике Бурятия.

В целом следует развивать современные формы торгово-экономического взаимодействия, прежде всего в сфере инвестиций, а также в производственной и технологической кооперации. В настоящее время Россия на Дальнем Востоке создает территории опережающего развития (ТОР), в которых предоставляются налоговые льготы и необходимые государственные услуги в упрощенном порядке, что способствует снижению рисков и повышению доходности для иностранных инвесторов. По объему инвестиций в ТОР Китай уверенно занимает 1 место.

### Заключение

В обозримой перспективе, по мере укрепления российской экономики и в целом геополитического потенциала России, можно ожидать усиления связей между российским Дальним Востоком и Китаем. Благоприятную модель сотрудничества между Дальним Востоком России и Китаем обеспечивают в первую очередь взаим-

ные интересы стран. Кроме того, сложная геополитическая ситуация на западе страны в настоящее время выступает катализатором к смещению интересов страны в международном сотрудничестве с западных рубежей на восточные и перераспределению товарных потоков, импортозамещению западных товаров китайскими. Сложившаяся ситуация приводит к закономерному увеличению товарных и инвестиционных потоков с Китаем, что в целом будет способствовать еще большей интеграции Дальнего Востока в систему российско-китайского сотрудничества.

Для российского Дальнего Востока Китай уже в настоящее время является важным фактором развития, так называемым китайским фактором, под которым мы понимаем выдающиеся экономические, социально-демографические, природно-ресурсные и др. свойства Китая, которые несут в себе совокупность как благоприятных, так и лимитирующих факторов, которые в своей совокупности образуют силу, способную влиять на развитие граничных с ним российских территорий.

Условием благоприятного влияния китайского фактора должно быть устранение лимитирующих факторов, реализация комплекса мероприятий, направленных на создание благоприятных условий сотрудничества: в частности, наращивание экономического и демографического потенциала в регионе, качественное улучшение структуры экспорта, увеличение доли обработанной продукции. Развитие транспорта и логистики: оптимизация работы пунктов пропуска, их модернизация, расширение, создание новых или расконсервирование старых, развитие сети автомагистралей, железных дорог, модернизация аэропортов, развитие трубопроводного транспорта, развитие портового хозяйства и малой авиации.

Резюмируя вышесказанное, можно отметить, что «китайский» фактор развития российского Дальнего Востока в целом благоприятен. Благоприятным он останется и в обозримой перспективе. Поэтому его необходимо масштабней и эффективней использовать и в дальнейшем. При этом некоторые направления сотрудничества нуждаются в более строгом контроле и регулировании.

### Список литературы

1. Романов М.Т. Пространственное развитие и геополитический «разворот» России на Восток // Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии: эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-эконо-

мических отношений: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 98–106.

2. Коптева О.С. Китайский фактор развития российского Дальнего Востока // Материалы XII Совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2004. С. 202–205.

3. Корниенко О.С. Оценка внешней ориентированности приграничных районов Дальнего Востока // Геосистемы Северо-Восточной Азии: географические факторы динамики и развития их структур: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Владивосток: ФГБУН ТИГ ДВО РАН, 2022. С. 165–170.

4. Статистика внешней торговли и статистика взаимной торговли // Федеральная таможенная служба [Электронный ресурс]. URL: <http://dvtu.customs.ru> (дата обращения: 12.01.2023).

5. Приграничные и трансграничные территории Азиатской России и сопредельных стран: (проблемы и предпосылки устойчивого развития): коллективная монография / Отв. ред. П.Я. Бакланов, А.К. Тулохонов. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2010. 610 с.

6. Программа развития российско-китайского сотрудничества в торгово-экономической и инвестиционной сферах на Дальнем Востоке Российской Федерации на 2018–2024 годы // Министерство коммерции Китайской Народной Республики. [Электронный ресурс]. URL: <http://russian.mofcom.gov.cn/article/speechheader/201811/20181102808776.shtml> (дата обращения: 15.01.2023).

7. Национальная программа социально-экономического развития Дальнего Востока на период до 2024 года и на перспективу до 2035 года // Правительство России [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/NAISPJ8QMRZUPd9LIMWJoeVhn116eGqD.pdf> (дата обращения: 15.12.2023).

8. Протокол восьмого заседания межправительственной российско-китайской комиссии по инвестиционному сотрудничеству // Министерство экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/d4fe05319a3188801322b9f6677d9f73/Protokol\\_8-go.pdf?ysclid=lf7newsjs4990539714](https://www.economy.gov.ru/material/file/d4fe05319a3188801322b9f6677d9f73/Protokol_8-go.pdf?ysclid=lf7newsjs4990539714) (дата обращения: 15.11.2022).

9. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/ru> (дата обращения: 12.01.2023).

УДК 911.6:332.142

## ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ГОРОДА КАЛИНИНГРАДА И ВЛИЯНИЕ НА ТРАНСПОРТНУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ

Орехов С.Ю.

*ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,  
Калининград, e-mail: orechow@yandex.ru*

Цель исследования состоит в разработке теоретико-методологических положений теории устойчивого развития, которая будет включать систему адаптационного моделирования для развития территориальной структуры городского округа «Город Калининград». Объект исследования – развитие территориальной структуры Калининграда, а предмет – закономерности прогнозирования устойчивого развития территориальной структуры городского округа Калининград. Методы исследования выбраны с учетом решения поставленных в научной работе задач с учетом практики проектного управления городской территорией, методологией оценки устойчивого развития городов, картографирования и статистических методов прогнозного анализа. В работе обоснованы новые в концептуальном плане и важные для теории градостроительства положения и выводы о том, что обобщающие знания о развитии территориальной структуры способны объяснить специфику проявления концепции устойчивого развития города в полифакторной модели. В статье используются все необходимые данные для оценки тарифной эластичности, а не только данные за 2022 базовый год. Инициатива устойчивого развития г. Калининграда будет способствовать уменьшению этого негативного эффекта, однако вполне вероятно, что ее будет недостаточно, чтобы полностью компенсировать расходы на реализацию проектов.

**Ключевые слова:** территориальная структура города, концепция устойчивого развития, транспортная инфраструктура, Калининград

## TERRITORIAL STRUCTURE OF THE CITY OF KALININGRAD AND IMPACT ON TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Orekhov S.Yu.

*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, e-mail: orechow@yandex.ru*

The purpose of the study is to develop theoretical and methodological provisions of the theory of sustainable development, which will include a system of adaptive modeling for the development of the territorial structure of Kaliningrad. The object of the study is the development of the territorial structure of Kaliningrad, and the subject is the regularities of forecasting the sustainable development of the territorial structure of Kaliningrad. The research methods were chosen taking into account the solution of the tasks set in the work, taking into account the practice of project management of urban territory, methodology for assessing sustainable urban development, mapping and statistical methods of predictive analysis. The paper substantiates conceptually new and important provisions for the theory of urban planning and conclusions that generalizing knowledge about the development of the territorial structure can explain the specifics of the manifestation of the concept of sustainable development of the city in a multifactor model. We use all data to estimate tariff elasticity, not just data for the 2022 base year. The Kaliningrad Sustainable Development Initiative will help to reduce this negative effect; however, it is likely that it will not be enough to fully compensate for the costs of implementing projects.

**Keywords:** territorial structure of the city, the concept of sustainable development, transport infrastructure, Kaliningrad

В течение длительного времени концепция развития территориальной структуры в архитектуре и градостроительстве развивалась как описательная составляющая (выделение визуальных свойств формы) и способ выявления структурных элементов города, а с другой – для определения свойств и признаков материальной действительности в целях обоснования соответствующего композиционного решения. Учитывая это, научная сущность понятия «территориальная структура города» в градостроительстве была нивелирована, а ее потенциал не реализован.

Актуальность темы исследования определяется следующими факторами:

– необходимостью целенаправленной систематизации идеи развития территори-

альной структуры и взглядов об объективной теории устойчивого развития;

– проблемой неоднозначности применения методики оценки развития территориальной структуры к проектным решениям в теории и практике градостроительства, решение которой направлено на сведение к единому сценарному подходу;

– потребностью уточнения и усовершенствования имеющихся и привлечения новых для теории градостроения междисциплинарных знаний и методологических подходов, что будет способствовать выявлению новых отношений между экономическими и социальными процессами в градостроительстве;

– важностью определения системы научно обоснованных положений морфологии



городов России, которые формируют особые нестандартизированные потенциалы развития из-за географических и политических факторов (на примере г. Калининграда).

Итак, цель исследования состоит в разработке теоретико-методологических положений теории устойчивого развития, которая будет включать систему адаптационного моделирования для развития территориальной структуры г. Калининграда.

Цель исследования достигается путем последовательного решения следующих задач:

1) выявить смысловой контекст и специфику проявления содержания теории устойчивого развития в градостроительстве и обосновать способ отражения в системе научных знаний о развитии территориальной структуры;

2) определить и обосновать принципиальные для развития территориальной структуры г. Калининграда проекты и выстроить их в логической последовательности;

3) продемонстрировать эффективность теоретико-методологического инструментария морфологии и осуществить необходимые теоретические обобщения, определив закономерности и особенности формирования его материальной структуры города.

#### **Материалы и методы исследования**

Объект исследования – развитие территориальной структуры г. Калининграда.

Предметом исследования являются закономерности прогнозирования устойчивого развития территориальной структуры г. Калининграда.

Методы исследования выбраны с учетом решения поставленных в работе задач с учетом практики проектного управления городской территорией, методологией оценки устойчивого развития городов, картографирования и статистических методов прогнозного анализа.

В работе обоснованы новые в концептуальном плане и важные для теории градостроительства положения и выводы о том, что обобщающие знания о развитии территориальной структуры способны объяснить специфику проявления концепции устойчивого развития города в полифакторной модели.

Реализация концепции устойчивого развития территорий зависит от состояния экономики, от роли природно-ресурсного фактора в развитии ее производительных сил, от ценностных приоритетов, финансового, материального и технического обеспечения перехода на принципы устойчивого разви-

тия, что послужило основой для определения межнациональных императивов исследования данного вопроса [1].

Разработка и принятие стратегических документов, которые определяют действенные меры по реализации принципа устойчивого развития территориальных общественных систем, организация и координация деятельности в этом направлении являются важной составляющей национальной политики (рис. 1). Широкие полномочия в осуществлении устойчивого развития и регионализации предоставляет регионам ФЗ № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» [2], который призван разрабатывать проекты программ социально-экономического развития, эффективно использовать природные, финансовые, трудовые ресурсы на основе обоснованной разработки соответствующих балансов, регулировать инвестиционную деятельность и пр. [3].

Среди отраслевых полномочий местных госадминистраций, касающихся реализации стратегических задач устойчивого регионального развития, следует отметить, прежде всего, разработку проектов программ социально-экономического развития и управления процессами социально-экономического развития на основе составления балансов трудовых, материально-финансовых и других ресурсов, обеспечение нормативов минимальных социальных потребностей населения. Принципиально новым в компетенции местных госадминистраций является подготовка заключений о целесообразности размещения на соответствующей территории новых предприятий и других объектов независимо от форм собственности, что в значительной мере может влиять на уравнивание, сбалансирование ресурсных и экономических возможностей территории с производственными потребностями [4].

Приоритетом при переходе к устойчивому развитию должен быть человек, его благосостояние, безопасность и среда жизнедеятельности и хозяйственной деятельности [5]. Стратегия устойчивого развития на этапе стабилизации и подъема должна быть ориентирована на стимулирование эндогенного развития, способного обеспечивать долгосрочный эффект: повышать самоорганизацию, экономическую и экологическую безопасность, благоустройство территории (среды) на благо будущих поколений. В этих условиях решающая роль принадлежит совершенствованию территориального управления [6].



Рис. 1. Составляющие устойчивого развития территории

Разработка адекватной модели управления территориальными структурами должна базироваться на современных технических, технологических и информационных ресурсах, объединенных в единую систему. Поэтому для обеспечения полноты и достоверности информации о земельных ресурсах следует привлекать современные средства дистанционного зондирования, методы математического моделирования и прогнозирования, технологии современных геоинформационных систем.

Выделение кадастровых зон и кварталов в регионах является сложным вопросом, чем за пределами населенных пунктов, из-за большой плотности застройки в городах. Именно поэтому следует уделить внимание проведению кадастрового зонирования именно в городских территориях, ведь если рассмотреть публичную кадастровую карту Российской Федерации, можно заметить значительные пробелы и отсутствие необходимой информации на территории городов, особенно в районах их многоквартирной застройки.

Итак, динамизм развития регионов требует четкого решения вопросов управления пространственным развитием, для которого необходимы разработка и владение теоретико-методологическими положениями и практическими рекомендациями, направленными на комплексное развитие пространственно-территориальных процессов с помощью инструментов организаци-

онно-экономического механизма управления. Использование и реализация научно обоснованных разработок и предложений на практике обеспечит повышение эффективности управления, совершенствования организационно-экономического механизма, что позволит достичь положительных экономических результатов, будет способствовать эффективному использованию земельных ресурсов и обеспечению на этой основе социально-экономического развития как городов, так и регионов и общества в целом в рамках реализации концепции устойчивого развития территорий.

На современном этапе развития регионов России происходят социально-экономические и идеологические преобразования, которые становятся причиной изменений разных направлений градостроительства. В условиях ограничения транспортной доступности таких отделенных регионов, как Калининград, должны вводиться новые стандарты по созданию и поддержанию полноценной жизненной среды, гармонизированные с потребностями жителей. В то же время в условиях усиления давления на региональные процессы возникает проблема сбалансированного развития городов, а близкие к теории и практике градостроительства идеи теряют свою значимость. При таких условиях возникает необходимость переосмыслить устоявшиеся подходы к познанию объективно имеющих-

ся предметов и явлений, способных равнозначным образом влиять на воплощение новых проектных решений.

Интенсивное накопление теоретических знаний о формировании материально-пространственной среды объектов градостроительства под влиянием социальных, экономических, исторических и экологических факторов, разработка и внедрение целостной системы мер по обеспечению устойчивого развития городов способствуют развитию исследований, близких по содержанию к концепции устойчивого развития.

Для проведения анализа территориальной структуры Калининграда используем урбанистическую морфологию исследования международной организации городской формы для исследователей и практиков ISUF, а также концепции устойчивого развития А.Н. Гуцина [7], А.И. Трейвиша [8] и глобального позиционирования А.Г. Дружинина [9]. На сегодняшний день в России в Международной организации городской морфологии нет постоянных членов, а сама ISUF существует с 1994 г. и объединила городских морфологов со всего мира. Организация стремится продвигать исследования и практику в областях, связанных с искусственной средой. Члены набираются из нескольких дисциплин, включая архитектуру, географию, историю, социологию и градостроительство.

Важной предпосылкой для проведения морфологических исследований материальной структуры города является обобщение

конкретных проявлений морфологических признаков в форме системы классификации. Ее построение необходимо для понимания способов выражения формальных свойств города и играет важную роль в логической структуре теории морфологии города, поскольку четко демонстрирует предметное поле ее изучения.

Вокруг Калининграда планируют строительство дорожного кольца – аналога нынешней окружной дороги в областном центре. Объекты отображены на схеме территориального планирования области. Согласно документации трасса берет начало между Люблино и Котельниково. Далее магистраль идет мимо поселков Холмогоровка, Петрово, Рябиновка, Малиновка, Константиновка, Менделеево, Кошево, Славянское, Луговое, Рыбное. Дорога пересечет старую зеленоградскую трассу, Приморское кольцо и выезд с Московского проспекта. Заканчивается будущая магистраль в районе Поддубного, где выходит на нынешний Южный обход, ведущий мимо Шоссеиного к мосту вдоль Калининградского залива. В районе микрорайона Космодемьянского дорога закольцовывается обратно к Люблино (рис. 2).

Сроки проектирования и начала строительства трассы пока не определены и рассматривается вопрос о влиянии трассы на доступность внутренних социальных сетей доступности и нагрузки на внутренние производственно-торговые элементы территориальной структуры города.

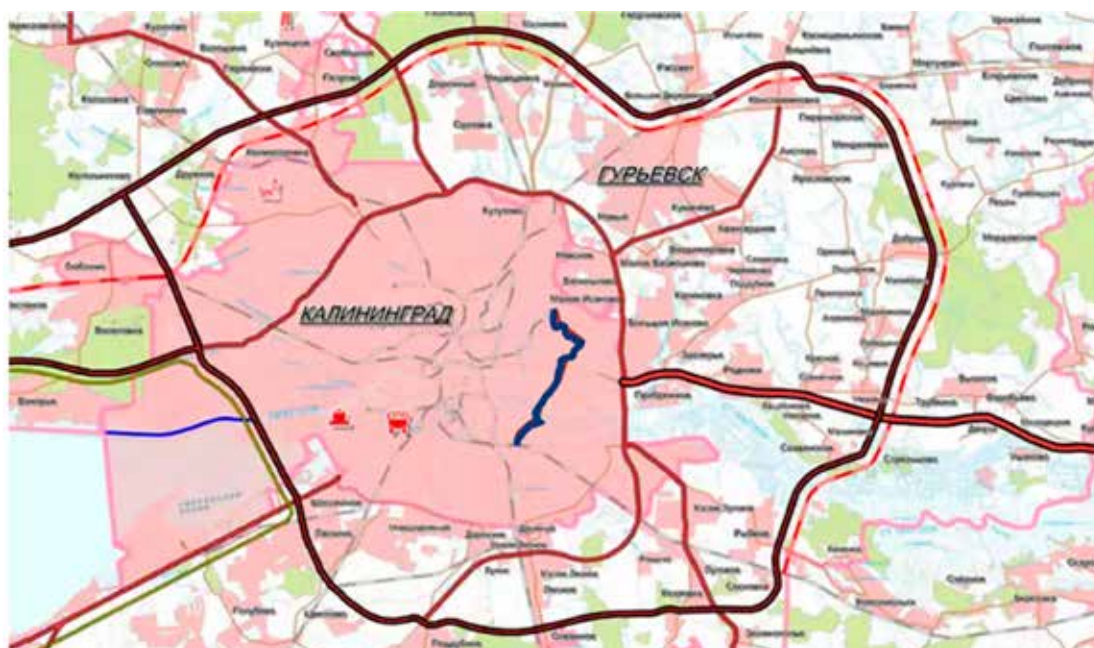


Рис. 2. Карта проекта развития территориальной структуры г. Калининграда [3]

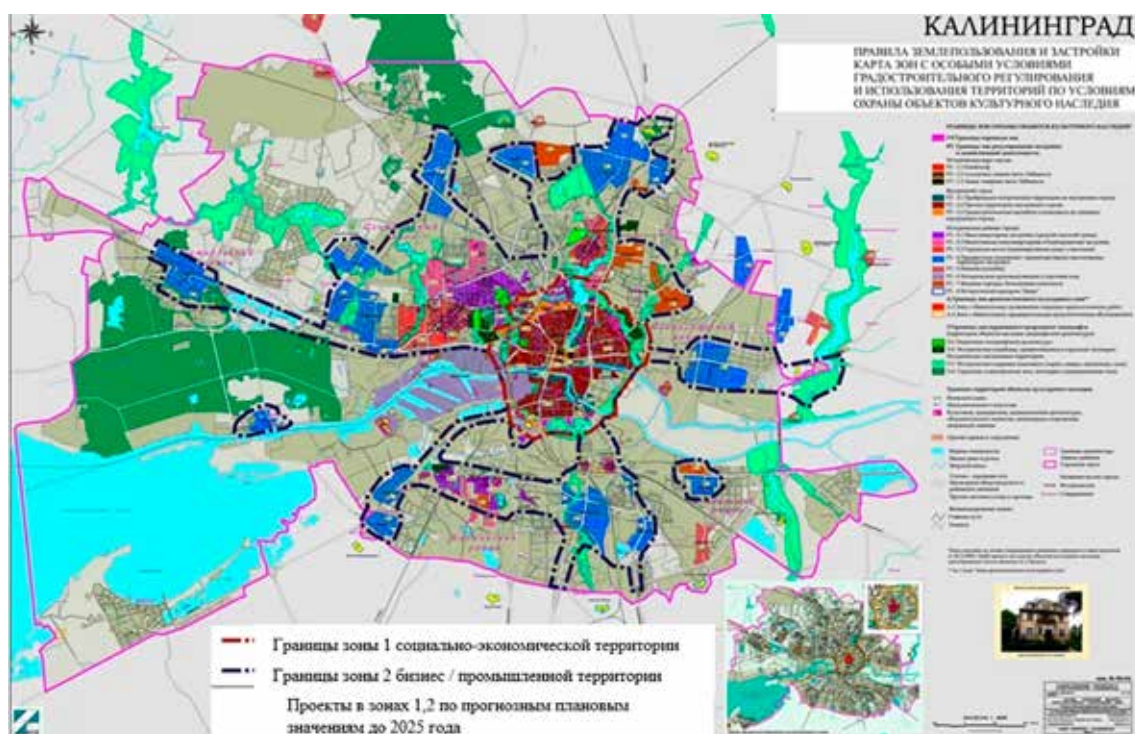






Рис. 3. Экономическая прогнозная карта г. Калининграда (составлена автором на основе проекта прогноза социально-экономического развития городского округа «Город Калининград» на долгосрочный период (2020–2026 гг.)) [10]

Таблица 1

Классификация территорий города по уровню влияния на прогнозы устойчивого развития

Класс влияния на устойчивое развитие территории				
I класс	III класс	III класс	II класс	I класс
Системо-образующая среда	Не имеет тенденции к изменению	Не имеет тенденции к изменению	Имеет признаки морфологического влияния на РВВП	Имеет признаки морфологического влияния на РВВП
Транспортные сети	Экологическая зона или рекреационная зона (включая культурно-историческое наследие)	Жилые территории	Производственные территории	Территории осуществления труда
				

Синим цветом отмечена структура новой трамвайной линии согласно действующему генплану города, на фоне развития автомобильной сети.

К 2025 г. планируют расширить нынешний Северный обход. Работы ведутся в районе улицы Горького и Советского проспекта. В будущем шестиполосная магистраль дойдет до микрорайона Космодемьянского. В прошлом году в новой редакции генераль-

ного плана Гурьевского городского округа «кольцо» было обозначено лишь частично. Наложим данные пространственные характеристики на социально-экономическую карту с прогнозными значениями до 2025 г. (рис. 3).

Составляющие устойчивого развития территории, показанные на рис. 1, могут быть лишь отчасти использованы для анализа устаревшей транспортной структуры

города. Система цветообозначения на карте выполнена по методике ISUF в авторской классификации элементов по цветообозначению зон территориальной структуры региона (табл. 1).

**Результаты исследования и их обсуждение**

Для Калининграда, как наиболее отдаленного от территории центральной России, план развития транспортной системы города является основополагающим фактором прогнозирования устойчивого развития. Тогда для показателей устойчивого развития территорий обозначим транспортные проектные сети по цветам зонирования (рис. 4).

Поскольку концепция влияния транспортной зоны нечетко очерчена для развития территории города, а также нет четкого списка проектов инициатив, оценка эконо-

мического влияния инициативы является сложной задачей. В этой работе для оценки влияния транспортных проектов на благосостояние в Калининграде была использована концепция полного общего равновесия на основе гравитационной модели.

Оценка экономического влияния на показатели устойчивого развития является главной целью этой работы. Учитывая неопределенность, мы моделируем влияние одного из базовых для Калининграда на основе принятых в ISUF факторов: торговые показатели, комфортность жизни, валовый региональный продукт, индекс социального взаимодействия, транспортная доступность к бизнес- и промышленным объектам. По классической схеме анализа предположим три сценария влияния транспортных проектов на уровень устойчивого развития территориальной структуры города (табл. 2).



Рис. 4. Экономическая прогнозная карта г. Калининграда по транспортным зонам (составлено на основе [3, 11])

**Таблица 2**

Сценарии реализации проекта

Сценарий	Описание
1. Оптимистический	Снижение транспортных расходов благодаря инфраструктурным проектам на 5–30%
2. Нейтральный	Положительный эффект на 10–20% для развития бизнеса, повышение расходов жителей города
3. Пессимистический	Повышение расходов жителей города и снижение условий для устойчивого развития города

Таблица 3

## Различные модели оценки торговых эластичностей

	Модель (1)	Модель (2)	Модель (3)	Модель (4)
Метод	PPML	PPML	PPML	FE
Зависимая переменная (на основе экспоненты)	$Exp_{ij,t}$	$Exp_{ij,t}$	$Exp_{ij,t}$	$ln Exp_{ij,t}$
FTA	0.360 **	0.412 **	0.475 **	0.380 **
	(0.073)	(0.058)	(0.046)	(0.030)
$ln_{ij}$	-0.836 **	-0.804 **		
	(0.050)	(0.043)		
Фиксированные эффекты: ВВП-Год	Да	Да	Да	Да
Пары проектов	Нет	Нет	Да	Да
Выборка	2014	1960-2014	1960-2014	1960-2014
Наблюдение	26 тыс	234 тыс	194 тыс	124 тыс
R <sup>2</sup>			0.984	0.881

\*\* Статистически значимы на уровне 1%.

Таблица 4

## Различные модели оценки эластичности на ВВП

	Модель (1)	Модель (2)	Модель (3)	Модель (4)
	PPML	FE	PPML	FE
	2014	2014	1990-2014	1990-2014
Применен тариф MFN	-3.074**	-0.90+ -	-2.458**	-0.409**
	(0.980)	(0.518)	(0.218)	(0.122)
Количество наблюдений в ISUF	15426	13461	59444	53813
R <sup>2</sup>	0.972	0.773	0.987	0.931

Планирование первого сценария затрагивает снижение транспортных расходов благодаря строительству дорог и совершенствованию транспортных процедур оптимизации доступности жилой, бизнес-, промышленной и экологических зон. Сценарии 2 и 3 были построены, чтобы учесть в оценке показатели повышения налоговой нагрузки, транспортных расходов и прочих финансовых факторов для жителей города.

Мы используем все данные для оценки тарифной эластичности, а не только данные за 2022 базовый год по методу псевдомаксимального правдоподобия (PPML) и фиксированных эффектов (англ. FE), которые являются стандартом для таких исследований (табл. 3).

Для оценки изменений благосостояния в результате увеличения транспортной доступности зон города мы оцениваем эластичность торговли, приводим оценки моделей

фиксированных эффектов (FE) и псевдомаксимального правдоподобия (PPML) для населения.

В гипотетических сценариях мы используем коэффициент из модели (3), указывающий на большую упругость. В настоящее время тарифы наибольшего благоприятствования (MFN) – это то, что страны обещают ввести для импорта из других членов ВТО, если только страна не является частью соглашения о преференциальной торговле (например, зоны свободной торговли или таможенного союза). То есть эластичность из табл. 4 -2,5 означает, что увеличение стоимости проекта на 1% приводит к уменьшению благосостояния населения на 2,5%, а ВВП увеличивается на 0,4%.

Согласно результатам расчетов, все жители Калининграда выиграют от сокращения расходов на транспортные проекты (Сценарий 1, табл. 4).

**Таблица 5**

Средний прирост благосостояния от уменьшения транспортных расходов по зонам, %

Регион	Сценарий 1, %						Сценарий 3, %					
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
Промышленная зона	0,39	0,81	1,27	1,78	2,34	2,97	-1.17	-0.96	-0.52	-0.04	0.9	1.56
Бизнес-зона	0,04	0,08	0,12	0,17	0,23	0,29	-0.29	-0.28	-0.22	-0.15	0.04	0.14
Жилая зона	0,19	0,39	0,61	0,85	1,11	1,40	-0.34	-0.22	-0.01	0.22	0.61	0.91
Транспорт	0,15	0,32	0,50	0,70	0,91	1,15	-0.43	-0.37	-0.18	0.02	0.43	0.7
Экологическая зона	0,16	0,33	0,52	0,72	0,94	1,19	-0.42	-0.33	-0,13	0,08	0,49	0,77
Всего	0,11	0,22	0,35	0,48	0,63	0,80	-0.42	-0.39	-0.26	-0.12	0.22	0.41

Источник: собственные расчеты на основе ВРП и тарифа MFN.

Однако из-за экономических процессов в стране по данному сценарию увеличения межрегионального экспорта все жители Калининграда ощутят негативный прямой эффект от инициативы, поскольку больше товаров будут поставляться из более отдаленных территорий, соответственно, рост конкуренции приведет к снижению цены (табл. 5).

С экономической точки зрения наша оценка показывает, что транспортные проекты будут оказывать положительное влияние на благосостояние, размер которого зависит от снижения торговых расходов. Согласно методике ISUF, уменьшение транспортных расходов на 15% приведет к росту ВРП на душу населения на 0,5%.

### Заключение

Совершенствование методологии прогнозирования и разработки программ развития с использованием лучшего мирового опыта является залогом научности, а доступность этих документов для общественности, информирование субъектов предпринимательской деятельности о целях, приоритетах и показатели экономического и социального развития обеспечивает гласность, вооружает необходимыми ориентирами для планирования собственной производственной деятельности.

В этом отношении важная роль принадлежит совершенствованию институциональной структуры региона. Модель морфологии региона наиболее близка к реальной действительности. Ее преимуществами являются знания оперативной обстановки, восприимчивость к научным рекомендациям, использование объективной статистической информации, наличие собственных аналитических центров и информационных каналов, возможности сотрудничества

со специалистами различного профиля и др. Вместе с тем эта модель часто обнаруживает неспособность правильно и четко расставить акценты между перспективными и текущими решениями, выбрать обоснованные приоритеты развития, которые бы предусматривали долгосрочные цели.

Указанные институциональные модели являются традиционными и методологически отработанными, хотя для их эффективного функционирования необходимо преодолеть старые стереотипы управления, решить комплекс задач, связанных с переходом на сбалансированное развитие территориальных структур.

Необходимость локализации городских функций в пределах определенной территории и тот факт, что каждый вид функции предъявляет конкретные требования к качеству территории, вынуждает к структурированию пространства, а именно территориальной дифференциации города или функционального зонирования территории.

Важно предпосылкой для проведения морфологических исследований материальной структуры города является обобщение конкретных проявлений морфологических признаков в форме системы классификации. Мы также рассматриваем, как транспортные проекты взаимодействуют с потенциальным влиянием на благосостояние населения города. Наш главный интерес состоит в том, может ли транспортный проект компенсировать потери благосостояния в результате расходов на проект. Согласно результатам расчетов, все жители Калининграда выиграют от сокращения расходов на транспортные проекты, следовательно, существует необходимость совершенствования проектов планирования развития территорий с точки зрения имплементации методов оценки устойчивого развития.

**Список литературы**

1. Диденко Д.В. Опыт государственного стратегического планирования в СССР в теоретических и эмпирических исследованиях // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12. № 5. С. 211–228. DOI: 10.15838/esc.2019.5.65.14.
2. Федеральный закон от 06.10.2003 № 131-ФЗ (ред. от 06.02.2023) «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_44571/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_44571/) (дата обращения: 10.02.2023).
3. Решение Городского Совета депутатов Калининграда от 20.10.2020 г. № 176 «О внесении изменений в Программу комплексного развития транспортной инфраструктуры городского округа «Город Калининград» на 2017–2035 годы, утвержденную решением городского Совета депутатов Калининграда от 25.12.2017 № 343» [Электронный ресурс]. URL: [https://gorsovetklgd.ru/sites/default/files/solutions/reshenie\\_176\\_o\\_vnesenii\\_izm\\_v\\_rgs\\_343\\_programma\\_transp\\_infr-ry.pdf](https://gorsovetklgd.ru/sites/default/files/solutions/reshenie_176_o_vnesenii_izm_v_rgs_343_programma_transp_infr-ry.pdf) (дата обращения: 18.02.2023).
4. Федеральный закон от 28.06.2014 № 172-ФЗ (ред. от 31.07.2020) «О стратегическом планировании в Российской Федерации». [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_164841/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/) (дата обращения: 10.02.2023).
5. Лебедев А.В., Разумовская Е.А. Подходы к моделированию результатов социально-экономического развития российской экономики // Евразийский союз ученых. 2019. № 4–8 (61). С. 11–13.
6. Максимкина Ю.А. Баланс частных и публичных интересов в проектах комплексного и устойчивого развития территории: теория и практика // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: сборник статей по материалам CLIV международной научно-практической конференции (Москва, 17 февраля 2020 г.). Т. 7 (154). М.: ООО «Интернаука», 2020. С. 27–36.
7. Гушин А.Н. Теория устойчивого развития города. 2-е изд. М. – Берлин: Директ-Медиа, 2015. 237 с.
8. Трейвиш А.И. Город, район, страна и мир. Развитие России глазами страноведа. М.: Новый хронограф, 2009. 372 с.
9. Дружинин А.Г. Пространственное развитие города-миллионера: тенденции постсоветского периода: монография. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2008. 192 с.
10. Проект прогноза социально-экономического развития городского округа «Город Калининград» на долгосрочный период (2020–2026 гг.). Калининград, 2019. 18 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.klgd.ru/activity/economy/news\\_economy/proect\\_prognoza\\_soc\\_econom\\_pazvitiya.pdf](https://www.klgd.ru/activity/economy/news_economy/proect_prognoza_soc_econom_pazvitiya.pdf) (дата обращения: 18.02.2023).
11. Дятлова Е.И. Стратегия развития транспортной инфраструктуры Калининградской области: задачи и пути реализации // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 5 (72). С. 33–38.



УДК 91:502.3/4

**ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА  
И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ  
ЗАПОВЕДНИКА «ЧЁРНЫЕ ЗЕМЛИ» РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ**

**Ханов Т.Ч., Струначова И.М., Мамиев М.Б., Кашковская И.М.**

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: thanov@sfedu.ru*

На современном этапе развития туристско-рекреационного комплекса в России все большую привлекательность приобретает экотуризм на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), что приводит к возрастанию уровня антропогенной нагрузки на эти территории. Таким образом, наблюдается противоречие самой концепции создания и регулирования хозяйственной деятельности человека в пределах ООПТ, поскольку эти территории по сути являются эталонными природными ландшафтами, где влияние антропогенного фактора должно быть исключено или сведено к минимуму. В этой связи возникает необходимость проведения исследований для оценки рекреационного потенциала и современного состояния особо охраняемых природных территорий. Именно на решение этих задач на примере государственного природного биосферного заповедника «Чёрные земли» направлены исследования авторов статьи. Методом балльных оценок по интегральным показателям выявлен уровень рекреационного потенциала территории заповедника и определена ее пригодность для развития туризма и рекреации. Изучены и оценены пять функционирующих экологических троп на территории заповедника. Предложенная методика и полученные результаты могут быть полезны для учебных заведений и организаций, осуществляющих научно-исследовательскую деятельность на территории ООПТ, органов регионального и местного экологического контроля, осуществляющих экологический мониторинг на территориях с режимом особой охраны.

**Ключевые слова:** заповедник «Чёрные земли», рекреационный потенциал, ландшафт, экологическая тропа, метод балльных оценок

**ASSESSMENT OF THE RECREATIONAL POTENTIAL  
OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS OF THE RESERVE  
«CHYORNYE ZEMLI» OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA**

**Khanov T.C., Strunachova I.M., Mamiev M.B., Kashkovskaya I.M.**

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: thanov@sfedu.ru*

At the present stage of development of the tourist and recreational complex in Russia, ecotourism in specially protected natural areas (SPNA) is becoming increasingly attractive, which leads to an increase in anthropogenic pressure on these areas. Thus, there is a contradiction in the very concept of creating and regulating human economic activity within protected areas, as these areas are essentially model natural landscapes, where the influence of anthropogenic factors should be excluded or reduced to a minimum. In this regard, there is a need for research to assess the recreational potential and current state of the specially protected natural areas. It is to solve these problems on the example of the State Nature Biosphere Reserve "Black Earth" the research of the authors of the article is aimed at. The method of scoring by integral indicators reveals the level of recreational potential of the reserve territory and determines its suitability for the development of tourism and recreation. Five functioning ecological trails on the territory of the reserve were studied and evaluated. The proposed methodology and the results can be useful for educational institutions and organizations engaged in research activities on the territory of protected areas, regional and local environmental control bodies, carrying out environmental monitoring in areas with the regime of special protection.

**Keywords:** Nature Reserve "Chernye Zemli", recreational potential, landscape, tourist and recreational object, ecological path

На сегодняшний день как в России, так и в мире набирает популярность экологический туризм. Россия занимает первое место в мире по площади особо охраняемых природных территорий (238,8 млн га, или 13,9% площади страны) (данные Росстата за 2019 г.). По словам главы Минприроды Александра Козлова, в 2021 г. федеральные заповедники, заказники и национальные парки России посетили 10,6 млн чел., что почти на 50% больше, чем в 2020 г. (6,4 млн). Число посетивших нацпарки и заповедники в РФ в 2021 г. увеличилось на 50% [1]. В этой связи приоритетной задачей российского туристического сектора соглас-

но Стратегии развития туризма в России на период до 2035 г. (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2019 г. № 2129-р) является развитие экотуризма на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Для этого необходимо создание новых и благоустройство существующих объектов туристической инфраструктуры, туристических маршрутов и экологических троп с учетом уровня рекреационного потенциала ООПТ. Это позволит минимизировать негативные последствия туристической деятельности и сохранить уникальные природные комплексы территорий с особым режимом охраны.

История возникновения и развития экологического туризма, как объекта научного исследования, восходит к началу 1980-х гг., когда появляются первые научные работы, посвященные вопросам изучения негативного влияния туристической деятельности на рекреационные ландшафты. Впервые термин «экотуризм» или «природный туризм» был использован в статье Г. Целлосом-Ласкурейном. Автор под этим понятием понимал «путешествия в относительно нетронутые уголки природы для ознакомления с природой, образцами дикой флоры и фауны, а также культурными достопримечательностями, расположенными на данных территориях» [2]. Как социальное явление «природный туризм» зародился в Англии во второй половине XIX в., откуда получил широкое распространение по всему миру. Популяризация туристического направления, связанного с рекреационной деятельностью на территориях с режимом особой охраны, привела к возрастанию уровня антропогенной нагрузки на эти территории [3]. Установлено, что любая туристическая деятельность так или иначе вызывает изменения в природной среде и приводит напрямую и опосредованно к утрате примерно 3,5–5,5% видов животных и растений [4]. В работах [5–8] показано, что из-за высокого туристического потока на рекреационных территориях наблюдаются отрицательные последствия и даже процессы деградации. Для предупреждения возникновения этих неблагоприятных явлений необходимо проведение комплексной оценки территории. Существует много различных методов оценки рекреационного потенциала ООПТ [9–13]. Оценка природоохранной ценности и текущей природоохранной эффективности отдельных особо охраняемых территорий включает индивидуальную оценку их ценности и важности для выполнения основной природоохранной функции охраняемой территории.

Основополагающими направлениями является как сохранение определенных территорий, перечень которых закреплен определенными нормативно-правовыми актами, так и потенциала, которым обладает охраняемая территория в силу своих природных особенностей, для сохранения природного разнообразия и поддержания экологического баланса, независимо от ее формальных целей. Несмотря на сравнительно большой объем накопленного по данной теме материала, проблема оценки рекреационного

потенциала остается крайне сложной в методологическом отношении.

Исходя из вышеизложенного, становится очевидной актуальность работы, посвященной оценке рекреационного потенциала и экологического состояния особо охраняемых природных территорий. С этой целью были проведены анализ и оценка широкого спектра показателей уровня рекреационного потенциала территории государственного природного биосферного заповедника «Чёрные земли».

#### **Материалы и методы исследования**

Территория государственного природного биосферного заповедника «Чёрные земли» площадью 121,9 тыс. га расположена в южной части России, на востоке Республики Калмыкия. Заповедник был создан 11 июня 1990 г. Постановлением СМ РСФСР № 191. Через 3 года он получил статус биосферного резервата ЮНЕСКО. Заповедник является уникальным в своем роде полигоном для изучения степных, полупустынных и пустынных ландшафтов, а также охраны и изучения калмыцкой популяции сайгака [14].

Территория заповедника относится к полупустынной зоне Прикаспийской провинции и пустынной Арало-Каспийской провинции. Это уникальная территория, аридные ландшафты которой являются результатом господствующих остро засушливых климатических условий и бесконтрольной хозяйственной деятельности человека – избыточного и свободного выпаса скота и распашки песчаных почв [15].

Заповедник состоит из двух существенно отличающихся друг от друга участков:

- степного, где осуществляется охрана и восстановление популяции сайгака,
- орнитологического в районе оз. Маныч-Гудило, где господствуют водно-болотные угодья международного значения и находятся гнездовья и зимовки многих редких видов водоплавающих и околоводных птиц.

В ходе экспедиционных исследований, проведенных авторами в период с 15.06.2022 по 05.07.2022 в различных частях заповедника «Чёрные земли», были изучены и оценены пять функционирующих экологических троп:

- «Тропой сайгака» и «Звериная тропа и лебединое озеро» на степном участке;
- «Птицы Маныча» и «Тюльпаны Маныча» на орнитологическом участке;
- «Меклетинские розовые озера» на территории заказника «Меклетинский».

Оценка рекреационного потенциала и экологического состояния функционирующих экологических троп заповедника (1 – минимальный балл, 3 – максимальный балл)

Показатель	«Тропой сайгака»	«Птицы Маныча»	«Тюльпаны Маныча»	«Меклетинские розовые озера»	«Звериная тропа и лебединое озеро»
Привлекательность	2	2	3	2	3
Культурно-познавательная ценность	3	2	2	2	3
Инфраструктура	3	1	1	2	2
Транспортная доступность	3	2	1	2	2
Стимулирующие факторы	3	2	2	2	3
Итого	14	9	9	10	13

Методом балльных оценок [11] для исследуемых экологических троп был определен уровень рекреационного потенциала по следующим интегральным показателям:

- 1) природная привлекательность территории;
- 2) культурно-познавательная ценность территории;
- 3) транспортная доступность;
- 4) инфраструктурная доступность;
- 5) экологические риски.

Каждому критерию были присвоены баллы от 1 до 3, где 3 балла – благоприятные, 2 балла – относительное благоприятные и 1 балл – неблагоприятные рекреационные условия.

Общий рекреационный потенциал объекта (РПО) рассчитывается как сумма баллов благоприятности по всем параметрам для ООПТ:

$$\begin{aligned}
 \text{РПО} &= \sum(\text{ПП}_1 + \text{ПП}_2 + \text{ПП}_3 + \text{ПП}_4 + \text{ПП}_5) + \\
 &+ \sum(\text{КПЦ}_1 + \text{КПЦ}_2 + \text{КПЦ}_3 + \text{КПЦ}_4 + \text{КПЦ}_5) + \\
 &+ \sum(\text{ИД}_1 + \text{ИД}_2 + \text{ИД}_3 + \text{ИД}_4 + \text{ИД}_5) + \\
 &+ \sum(\text{ТД}_1 + \text{ТД}_2 + \text{ТД}_3 + \text{ТД}_4 + \text{ТД}_5) + \\
 &+ \sum(\text{СФ}_1 + \text{СФ}_2 + \text{СФ}_3 + \text{СФ}_4 + \text{СФ}_5) = \\
 &= (2+2+3+2+3) + (3+2+2+2+3) + (3+1+1+2+2) + \\
 &+ (3+2+1+2+2) + (3+2+2+2+3) = 55,
 \end{aligned}$$

где РПО – рекреационный потенциал объекта; ПП – природная привлекательность; КПЦ – культурно-познавательная ценность; ИД – инфраструктурная доступность; ТД – транспортная доступность; СФ – стимулирующие факторы.

При значении суммы баллов от 40 до 60 общий рекреационный потенциал объ-

екта оценивался как высокий, 20–39 – средний, меньше 20 – низкий. Чем выше суммарный балл, полученный для исследуемой территории, тем выше ее рекреационный потенциал, что способствует развитию рекреации и туризма на исследуемой территории. Результаты анализа обобщены и представлены в таблице.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Исходя из полученных в ходе исследований результатов (таблица), выявлено, что из пяти экологических троп наибольший рекреационный потенциал имеет «Звериная тропа и лебединое озеро», а наименьший – тропа «Тюльпаны Маныча» (рис. 1).

В ходе оценки каждой из рекреационных локаций были установлены следующие закономерности.

1. «Тропой сайгака» – самый удобный маршрут для большей части туристов, позволяющий познакомиться практически со всеми представителями фауны заповедника. Сезонность использования маршрута включает в себя временной промежуток с марта по октябрь, за исключением периода отела сайгаков. В этой связи с апреля по май маршрут для посещения туристами закрыт. Рекомендуемый способ передвижения посетителей по маршруту – автомобильно-пеший. Несмотря на выявленный высокий уровень рекреационного потенциала для данной тропы, следует обратить внимание на отсутствие важных инфраструктурных объектов, обеспечивающих комфорт для туристов: оборудованных мест для отдыха (беседки), информационных стендов в ключевых местах маршрута и смотровой вышки на кордоне.



Рис. 1. Оценка рекреационного потенциала

2. «Птицы Маныча». Этот маршрут пользуется популярностью у туристов, в первую очередь увлекающихся бёрдвотчингом – наблюдениями за птицами в естественной среде обитания. Сезонность использования маршрута – с марта по конец октября. Способ передвижения посетителей по маршруту – автомобильно-пеший. Для данной территории необходимо полное обустройство нового кордона и соответствующей ему инфраструктуры в охранной зоне заповедника на северном берегу оз. Маныч-Гудило.

3. «Тюльпаны Маныча» – это экологический маршрут, который носит строго сезонный характер и приурочен к цветению тюльпанов и ирисов в апреле. Движение посетителей осуществляется переправлением на моторных лодках и по острову пешком. Здесь необходимо проведение мероприятий по обустройству пирсов для моторных лодок.

4. «Маклетинские розовые озера». По этому маршруту передвижения посетителей осуществляется автомобильно-пешим способом. Сезонность использования маршрута – весна, лето, осень. Инфраструктура маршрута включает в себя смотровые вышки, информационные стенды, кордон охраны заказника, смотровые площадки и скради, благодаря которым гарантировано в летний период можно наблюдать степных обитателей. Несмотря на достаточно хорошую обустроенность территории, не-

обходимо дополнить экотропы таким пешеходным сегментом, как флористический отрезок на берегу одного из Меклетинских озер – «Босоногую тропу».

5. «Звериная тропа и лебединое озеро». Способ передвижения посетителей по маршруту – пеший. Сезонность использования маршрута – весна, лето, осень (до конца октября). После осмотра местности с семиметровой наблюдательной вышки туристы по пешеходному мостику через канал попадают на территорию заповедника. Маршрут пролегает по тропе, проторенной среди зарослей тростника, кустов тамарикса и джужгуна. Этой же тропой пользуются для передвижения дикие животные. Для благоустройства территории необходимо соорудить беседку для отдыха туристов в восточном стиле, место для стоянки лошадей – коновязь, а также установить информационные щиты.

В настоящее время экологический туризм в заповеднике «Чёрные земли» находится на стадии быстрого скачкообразного развития (рис. 2).

Так, за 2021 г. заповедник посетили 2184 чел., в 2020 г. – 520 чел. (связано с приостановкой приема туристов из-за COVID-19), в 2019 г. заповедник посетили 1111 чел. Самые низкие показатели зафиксированы в 2015–2018 гг., так как в эти периоды только начал развиваться рекреационный туризм в территории ООПТ «Чёрные земли».

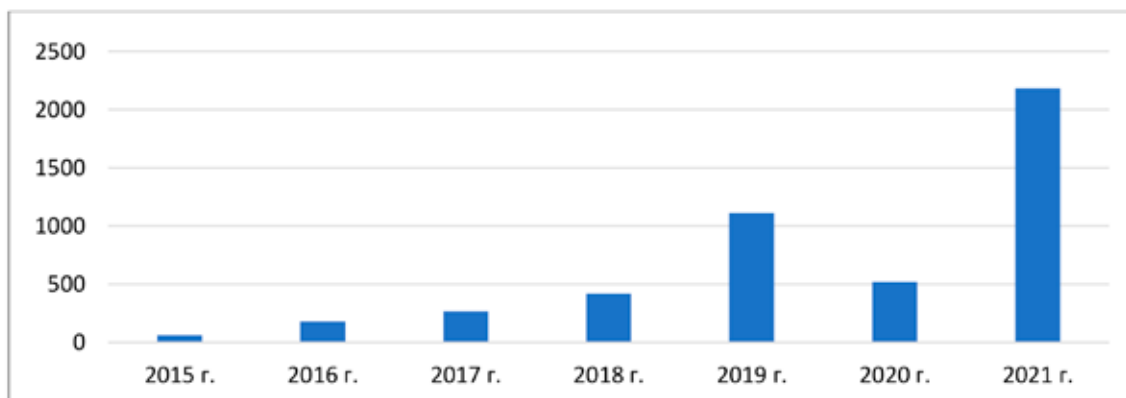


Рис. 2. Динамика количества посетителей заповедника «Чёрные земли»

Таким образом, наблюдается тенденция к возрастанию туристической нагрузки на территорию заповедника «Чёрные земли» в последние несколько лет, что приводит к необходимости научного обоснования развития рекреационного потенциала заповедника. Для этого необходимо проведение следующих мероприятий на территории заповедника:

1. Обустройство инфраструктурных объектов и оборудование маршрутов для нужд туристов информационными стендами, декоративными малыми архитектурными формами, элементами рекреационного благоустройства и др.

2. Проведение регулярных комплексных экологических наблюдений за состоянием окружающей среды.

3. Ведение деятельности по повышению уровня экологического образования и экологической осознанности среди посетителей заповедника, а также популяризация научно-исследовательской деятельности.

Таким образом, в настоящее время одной из приоритетных задач заповедника должна быть максимальная реализация возможностей его рекреационного потенциала при минимизации антропогенного влияния на ландшафты. Рациональное использование природных и культурно-исторических ресурсов позволит избежать многих негативных последствий массового туризма.

### Заключение

Методом балльных оценок был определен уровень экологического потенциала для экологических троп на территории заповедника «Чёрные земли». Были выделены участки с наиболее высокими показателями экологического потенциала, среди которых

выделяются «Тропа сайгака», «Звериная тропа» и «Лебединое озеро», и наиболее низкими – экологические тропы «Птицы Маныча» и «Тюльпаны Маныча». Для последних выявлена необходимость в разработке и реализации дополнительных мер по увеличению уровня экологического потенциала, в частности обустройство инфраструктурных объектов и оборудование маршрутов с целью повышения привлекательности данных территорий для туристов.

Территория заповедника «Чёрные земли» характеризуется существенными предпосылками для развития рекреационного и познавательного туризма. В этой связи необходимо организовать новые или модернизировать имеющиеся объекты инфраструктуры (смотровые площадки, информационные стенды, беседки для отдыха, мосты и т.д.) на экологических тропах с учетом минимизации нанесения возможного ущерба природным комплексам заповедника. Важное значение имеет проведение регулярных мониторинговых наблюдений за состоянием ландшафтов заповедника. Необходимы организация и проведение мероприятий экологической направленности познавательного и развивающего характера для различных социальных слоев населения и возрастных групп, а также ведение научно-исследовательской работы.

### Список литературы

1. Официальный сайт «Интерфакс-Туризм». [Электронный ресурс]. URL: <https://tourism.interfax.ru/ru/news/articles/84721/> (дата обращения: 20.08.2022).
2. Ceballos Lascurain Hector. The Future of Ecotourism. Mexicojournal. 1984. P. 13–14.
3. Бахлайтнер Р. Социология туризма, или о социологии путешествий // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 11. Социология. 2006. № 3. С. 94–101.

4. Hall C.M. Changing paradigms and global change: From sustainable to steady-state tourism. *Tourism Recreation Research*. 2010. Vol. 35 (2). No. 1. P. 1–13. DOI: 10.1080/02508281.2010.11081629.
5. Виноградов Е.С. Негативные аспекты развития природоориентированного туризма // *Сервис в России и за рубежом*. 2017. Т. 11. № 5 (75). С. 19–30. DOI: 10.22412/1995-042X-11-5-2.
6. Нюренбергер Л.Б., Шнорр Ж.П., Щетинина Н.А., Петренко Н.Е., Третьякова Т.Н. Экологический туризм: теоретические основы, современная региональная специфика // *Человек. Спорт. Медицина*. 2022. Т. 22. № S1. С. 105–112. DOI: 10.14529/hsm22s117.
7. Оборин М.С. Отрицательные последствия массового туризма для принимающих территорий // *Сервис Plus*. 2020. Т. 14. № 1. С. 18–26. DOI: 10.24411/2413-693X-2020-10103.
8. Цепилова Е.С., Родинова Н.Д. Развитие экологического туризма в России: концептуальные характеристики и потенциал развития // *Вестник РГГУ. Серия «Экономика. Управление. Право»*. 2022. № 2. С. 110–128. DOI: 10.28995/2073-6304-2022-2-110-128.
9. Андреева В.Л. Оценка аттрактивности ресурсов учебно-экологических троп // *Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов*. 2022. № 2 (258). С. 94–104. DOI: 10.52065/2519-402X-2022-258-2-94-104.
10. Гудковских М.В. Методика комплексной оценки туристско-рекреационного потенциала // *Географический вестник*. 2017. № 1 (40). С. 102–116. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-1-102-116.
11. Зиганшин И.И., Иванов Д.В. Методика комплексной оценки рекреационного потенциала особо охраняемых природных территорий // *Российский журнал прикладной экологии*. 2017. № 2 (10). С. 52–56.
12. Назаренко О.В., Рубан Д.А., Заяц П.П. Эстетическая аттрактивность водных объектов (родников и водопадов) на Юге России: апробация новой методики // *Географический вестник*. 2015. № 3 (34). С. 18–25.
13. Саранча М.А. Методологические проблемы интегральной оценки туристско-рекреационного потенциала территории // *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле*. 2011. № 1. С. 118–127.
14. Официальный сайт государственного природного биосферного заповедника «Чёрные земли». [Электронный ресурс]. URL: <https://zapovednik-chernyezemli.ru/> (дата обращения: 22.08.2022).
15. Вдовенко А.В., Леонтьева В.В., Судникова И.А. Государственный природный биосферный заповедник «Чёрные земли», республика Калмыкия // *Научно-агрономический журнал*. 2013. № 2. С. 50–53.

## СТАТЬЯ

УДК 556.3:622.5

**ОБОСНОВАНИЕ ОСУШЕНИЯ ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ВОДОВМЕЩАЮЩИЕ ОТЛОЖЕНИЯ – ДЕЗИНТЕГРИРОВАННЫЙ МАССИВ» ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ****Ефремов Е.Ю., Рыбников П.А., Рыбникова Л.С.***ФГБУН «Институт горного дела» Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, e-mail: efremov-eu@mail.ru, ribnikoff@yandex.ru, luserib@mail.ru*

В работе исследованы гидрогеодинамические условия системы «дезинтегрированный массив зоны обрушения – естественно залегающие водовмещающие отложения», которые формируются комплексом гидрогеологических и горнотехнических условий при отработке рудных месторождений системами с обрушением. В качестве полигона исследований используется Соколовское месторождение, расположенное в Кустанайской области Республики Казахстан. Добыча ведется комбинированным способом: большая южная часть разрабатывается карьером «Соколовский» с 1957 г., северный участок ш. «Соколовская» – системой с обрушением кровли с 1975 г. Ведение работ с обрушением кровли под обводненной толщей осадочных пород создает условия для прорывов вод и обводненных пород на горизонты выпуска. На месторождении зафиксировано множество аварий, связанных с проникновением глинистых пород в горные выработки. Восстановление рудника после крупнейшей аварии, произошедшей в 2005 г., заняло шесть месяцев. Задача исследований – обоснование технологии и мероприятий по осушению дезинтегрированного массива зоны обрушения ш. «Соколовская» для снижения опасности прорывов. Гидродинамические условия изучались с помощью моделирования. В качестве исходных использовались данные геологического опробования, материалы оценки запасов подземных вод, режимные наблюдения за водопритоками и положением уровня подземных вод. На основе натурных данных и сценарных исследований обоснованы целевые уровни подземных вод в основном водоносном комплексе, зависящие от морфологии подошвы эоцен-мелового комплекса. Определена требуемая продолжительность работы, конфигурация и производительность системы дренажа, обеспечивающие снижение напоров до необходимого уровня. Разработана методика обоснования дренажных мероприятий для снижения опасности прорывов из зоны обрушения. Отличительными особенностями методики являются учет и оценка влияния фильтрационных и емкостных параметров дезинтегрированного массива в результате решения обратных задач и учет особенностей морфологии подошвы водоносных комплексов для эффективного снижения напоров в дезинтегрированном массиве.

**Ключевые слова:** водоносный комплекс, зона обрушения, осушение месторождений, геофильтрационное моделирование, коэффициент фильтрации, прорыв обводненных масс в горные выработки

**DEVELOPMENT OF DRAINAGE DESIGN OF THE HYDROGEODYNAMIC SYSTEM “CAVING ZONE – AQUIFER” CONDITIONS DUE TO SUBLEVEL CAVING METHOD****Efremov E.Yu., Rybnikov P.A., Rybnikova L.S.***The Institute of Mining of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, e-mail: efremov-eu@mail.ru, ribnikoff@yandex.ru, luserib@mail.ru*

In this paper, the hydrogeodynamic conditions of the system “caving zone – aquifer” which are formed by a complex of hydrogeological and mining conditions due to sublevel caving method are investigated. The Sokolovskoye iron ore deposit is used as an object of research. It located in the Kustanai region of the Republic of Kazakhstan. Deposit is exploited using two methods: a large, southern part has been exploited by the Sokolovsky pit since 1957, the northern part by Sokolovsky underground mine since 1975. The caving zone in the flooded sedimentary rocks creates conditions for mudrush in mining galleries. A lot of accidents related to mudrushes into mine workings have been recorded. The recovery of the mine after the largest accident in 2005 took six months. The task of the research is to substantiate the drainage of the rock mass of the Sokolovsky underground mine to reduce mudrush risk. Geological sampling data, materials for assessing groundwater reserves, observations of water inflows and groundwater levels were used. Target groundwater level in the main aquifer is determined using field data and scenario studies. It depends on the morphology of the water-bearing sediments. The required configuration and performance of the drainage system has been determined to ensure that the groundwater level is reduced to the required level. The concept of a drainage technique to reduce the mudrush risk from caving zone was developed. Distinctive features of the technique are the assessment of the influence of permeability and storativity of sediments and caving zone and using inverse problems and taking into account the morphology of the bottom of aquifers to effectively reduce groundwater levels.

**Ключевые слова:** aquifer, caving zone, drainage, groundwater modelling, permeability, mudrush

Сочетание геологических и горнотехнических факторов при добыче полезных ископаемых может приводить к формированию сложных гидрогеологических усло-

вий, представляющих угрозу для горного производства.

В горнопромышленной гидрогеологии известны условия формирования областей

водопроницающих трещин и зоны обрушения вокруг очистных выработок [1]. Эти техногенно нарушенные области массива характеризуются повышенной водопроницаемостью и емкостью и представляют серьезную опасность прорывов подземных вод и обводненных песчаных и глинистых пород. Размеры изученных и описанных зон составляют десятки метров и, как правило, не нарушают сплошность лежащих выше мощных водоупорных слоев.

Современная практика подземной разработки крутопадающих мощных рудных тел системами с массовым обрушением приводит к появлению обширных зон обрушения. Они проявляются на земной поверхности в форме воронок и провалов, линейные размеры которых составляют тысячи метров [2, 3].

Образование масштабных провалов сопровождается нарушением всех вышележащих мощных водоупорных слоев и приводит к формированию новых техногенных водоносных комплексов, которые являются источником опасности для горного производства. Прорывы обводненных плавунобразных пород из зоны обрушения объемом десятки и сотни тысяч кубических метров угрожают жизни людей, выводят из строя километры горных выработок, приводят к списаниям в качестве потерь миллионов тонн полезных ископаемых. Значительные потери руды, вызванные опасностью прорывов, зафиксированы на территории нашей страны на железорудных рудниках [4]. За рубежом наиболее подвержены прорывам крупнейшие рудники по добыче алмазов [5, 6] и медных руд, среди которых выделяется рудная провинция Грасберг в Индонезии [7, 8] и месторождение Эль-Теньенте в Чили [9–11].

Показательна авария, произошедшая в 2005 г. на ш. «Соколовская» (Республика Казахстан). Прорыв осадочных пород, смешанных с водой, в горные выработки из зоны обрушения на глубину 400–600 м вывел из строя в общей сложности 24 тыс. погонных метров выработок на пяти рабочих горизонтах. Авария сопровождалась двумя человеческими жертвами. Восстановление работоспособности рудника заняло более шести месяцев [12–14].

Задача исследований – обоснование технологии и мероприятий по осушению дезинтегрированного массива зоны обрушения ш. «Соколовская» для снижения опасности прорывов. Обоснование осуществляется на основе данных натурных наблюдений

и математического моделирования, учитывает параметры зоны обрушения и водоносных комплексов, оценку необходимой продолжительности работы дренажа. Обоснование включает определение производительности и конфигурации дренажной системы, которые в состоянии обеспечить снижение уровня подземных вод до целевого уровня, определяемого морфологией подошвы водовмещающих отложений.

### **Материалы и методы исследования**

#### *Гидрогеологические условия*

Соколовское месторождение относится к крупнейшему в Республике Казахстан Кустанайскому железорудному району. Добыча на Соколовском месторождении ведется комбинированным способом: большая южная часть разрабатывается карьером Соколовский с 1957 г, северный участок ш. «Соколовская» – системой с обрушением кровли с 1975 г. Месторождение приурочено к соколовской свите каменноугольного периода. Основные рудные тела залегают на глубине от 200 м и прослежены до 1200 м.

Месторождение перекрыто мезо-кайнозойскими отложениями мощностью 120 м, в которых выделяется высоко водообильный эоцен-меловой водоносный комплекс. Послойное залегание пород разного возраста формирует на территории исследований несколько водоносных горизонтов, разделенных между собой водоупорными слоями. Основными региональными водоупорными толщами являются слой чеганских глин мощностью до 60 м и слой маастрихтских глин мощностью до 40 м. В осадочном комплексе выделяются следующие гидрогеологические элементы:

1. Водоносный горизонт четвертичных аллювиальных отложений состоит из четвертичных неогеновых пород мощностью от 0,5 до 30 м. Породы не имеют сплошного распространения. Питание инфильтрационное, в основном за счет снеготалых вод.

В долине реки горизонт четвертичных отложений выклинивается.

2. Олигоценый водоносный горизонт имеет повсеместное распространение, за исключением долин рек, и вместе с горизонтом четвертичных отложений составляет единый водоносный комплекс. Горизонт сложен песками мощностью около 2–8 м и характеризуется коэффициентом фильтрации до 5 м/сут. Питание комплекса инфильтрационное. Подошву горизонта слагают чеганские глины. Слой чеганских глин, являющийся региональным водоупо-



ром, распространен повсеместно за исключением речных долин. Мощность толщи составляет до 35 м.

3. Эоценовый водоносный горизонт сложен опоками тасаракской свиты, мощностью до 45 м. Воды распространены в трещиноватых разностях опок и песчаников. В естественных условиях режим фильтрации является напорным, уровень подземных вод составляет около 145 м. Фильтрационные свойства водоносного горизонта в целом довольно низкие, коэффициент фильтрации 0,01–2,0 м/сут при наиболее часто встречающихся значениях 0,3–0,6 м/сут. Трещинные подземные воды опокowego водоносного горизонта гидравлически связаны с нижележащим водоносным горизонтом – питание горизонта происходит за счет меловых песков, подстилающих опокую толщу.

4. Меловой водоносный горизонт сложен кварцево-слюдяными и кварцево-глауконитовыми песками. Горизонт распространен повсеместно, залегает на лигнитовых глинах и глинисто-щебнистых отложениях коры выветривания. Горизонт напорный, в естественных условиях уровень составляет 145–150 м. Мощность горизонта в районе месторождения до 50 м. Коэффициент фильтрации меняется от 20 до 0,05 м/сут, уменьшаясь от долин рек к водоразделу.

Горизонт питается на значительном удалении от Соколовского месторождения в области размыва регионального водоупора, сложенного чеганскими глинами

5. Эоцен-меловой водоносный комплекс является основным источником обводнения горных выработок. На открытом дренаже карьеров Соколовско-Сарбайской группы месторождений водоприток из мелового горизонта составляет до 70% от общего водопритока.

В районе Соколовского месторождения слой маастрихских глин отсутствует, поэтому эоценовый и меловой горизонты рассматриваются как единый эоцен-меловой комплекс.

6. Кора выветривания состоит из лигнитовых глин, мощность значительно колеблется от нуля до десятков метров. Мощность кор выветривания резко возрастает в зонах разрывных нарушений и достигает до 150 м. Является относительным водоупором, связь мелового водоносного горизонта с нижележащим водоносным комплексом осуществляется через гидрогеологические окна в местах залегания песков на палеозойском фундаменте.

7. Палеозойский водоносный комплекс развит повсеместно и включает несколько стратиграфических подразделений нижнего палеозоя, силура, девона, карбона.

Скальные породы палеозойского комплекса представлены эффузивно-осадочной толщей, сложенной андезитовыми и базальтовыми порфиритами, их туфами и туфобрекчиями, реже известняками и туффиитами нижнего карбона. Породы прорваны интрузиями диоритов и диабазовых порфиритов. К контактам эффузивно-осадочных и интрузивных пород приурочено оруденение и образование метасоматических пород.

Подземные воды приурочены к верхней трещиноватой зоне, где развита открытая трещиноватость до глубины 140–160 м в эффузивно-осадочных породах, в зонах тектонических нарушений до глубины 220 м и более. Коэффициент фильтрации пород изменяется с глубиной – в верхней части мощностью 50 м составляет 0,085 м/сут, ниже в средней части мощностью 50 м уменьшается до 0,005 м/сут, и в нижней ненарушенной зоне – до 0,0005 м/сут.

Добыча руды на ш. «Соколовская» привела к формированию зоны обрушения размерами около 1500 м в длину и 600 м в ширину, ориентированную субмеридионально. Зона обрушения состоит из четырех групп, объединяющих отдельные трубообразные воронки, а ее форма определяется конфигурацией рудных тел [14]. В результате массовой добычи при отработке крутопадающих рудных тел (к текущему моменту отработанная мощность составляет 360 м при глубине очистных работ 550 м), обрушенные осадочные горные породы – пески, суглинки и глины, многократно перемешанные между собой и скальными породами, оказались расположены ниже основного водоносного комплекса.

Для осушения мезокайнозойских отложений оба участка Соколовского месторождения окружены по периметру объединенным внешним дренажным контуром, который состоит из подземных выработок, пройденных в палеозойских породах и оборудованных восстающими скважинами и сквозными фильтрами для дренирования эоцен-мелового водоносного комплекса. Внутренний шахтный дренаж включает все горные выработки и дренажные и разведочные скважины, дренирующие главным образом палеозойский комплекс и зону обрушения.

Наличие в составе дезинтегрированного массива большого объема глинистых

пластичных пород и приток подземных вод из эоцен-мелового водоносного комплекса, несмотря на наличие внешнего дренажного комплекса, приводит к прорывам глинистых отложений на горизонты выпуска.

Изучение режимов фильтрации гидрогеодинамической системы «естественно залегающие породы – дезинтегрированный массив» для обоснования методики дренажных мероприятий осуществлялось с помощью моделирования. Цель моделирования – установление закономерностей между фильтрационными свойствами дезинтегрированного массива и водопритоками к очистным работам ш. «Соколовская».

Работа осуществлялась в три этапа.

На первом этапе моделирования решена серия обратных задач в стационарной постановке, соответствующая текущему состоянию подземных работ (2007–2018 гг.) с целью калибровки модели.

На втором этапе с помощью факторно-диапазонного анализа изучены закономерности фильтрации природно-техногенной системы «водовмещающие отложения – дезинтегрированный массив зоны обрушения». Основная задача второго этапа – определение ведущих факторов, влияющих на водоприток к очистной зоне.

На третьем этапе решена серия прогнозных задач для установления зависимостей между уровнем подземных вод в эоцен-меловом водоносном комплексе, водопритоками к проектируемым дренажным устройствам и емкостными параметрами естественной геологической среды и дезинтегрированного массива зоны обрушения.

#### **Геофильтрационная модель**

*Концептуальная фильтрационная модель зоны обрушения*

Для моделирования фильтрационных процессов в системе «естественный массив – дезинтегрированный массив зоны обрушения» зона обрушения рассматривается как отдельный гидрогеологический элемент со своими фильтрационными и емкостными параметрами, подошва которого представляет собой дренаж. В качестве отметки дрены используется положение комплекса очистных работ, а проводимость дрены определяется путем решения обратных задач с использованием данных наблюдений за шахтным водоотливом.

#### *Границы и стратификация модели*

Участок моделирования включает карьеры Соколовский, Сарбайский, а также ш. «Соколовская». С юга участок ограничен р. Тобол (рис. 1). В плане элементы конечно-

разностной сетки имеют квадратную форму со стороной 200 м, по высоте соответствуют мощности моделируемых слоев. В непосредственной близости от исследуемого объекта реализовано сгущение расчетной сети с целью более тонкого учета рельефа элементов залегания эоцен-мелового водоносного комплекса. Размер элемента сети сгущения – 50 м.

Наличие слоя чеганских глин мощностью до 35 м, являющегося региональным водоупором, обуславливает разделение режимов эоцен-мелового и олигоцен-четвертичного комплексов. В естественных условиях уровни подземных вод различались между собой не более чем на 20 м. В результате работы рудничного дренажа уровень подземных вод эоцен-мелового комплекса снизился с 165 до 95 м, в то время как уровень подземных вод олигоцен-четвертичного комплекса почти не изменился и по-прежнему составляет 175 м. Данные режимных наблюдений на карьерах Сарбайский и Соколовский показывают, что приток к их дренажным системам из олигоцен-четвертичного комплекса не превышает 15% от общего водопритока. Эоцен-меловой комплекс обеспечивает 70% водопритока, еще 15% поступает из палеозойского водоносного комплекса, гидравлически связанного с эоцен-меловым.

Отсутствие связи между олигоцен-четвертичным и нижележащими комплексами, а также его подчиненная роль в общем водопритоке позволяет исключить его из модели (рис. 2). Модель включает эоцен-меловой и палеозойский водоносный комплексы, разделенные водоупорным слоем коры выветривания.

При оценке запасов [15] дренажных подземных вод было показано, что в пределах исследуемой области наблюдается значительный разброс фильтрационных свойств эоцен-мелового водоносного комплекса. Коэффициент фильтрации достигает максимальных значений (вплоть до 15–20 м/сут) в долине Тобола. По материалам опытно-фильтрационных работ в районе Соколовского и Сарбайского месторождений величина коэффициента фильтрации меловых песков составляет 1–5 м/сут.

Фильтрационные свойства палеозойских пород обладают четко выраженной вертикальной зональностью, комплекс представлен двумя модельными слоями: верхний (слой 3) соответствует зоне сильно трещиноватых пород, второй, нижележащий (слой 4) – менее нарушенной зоне (рис. 2).

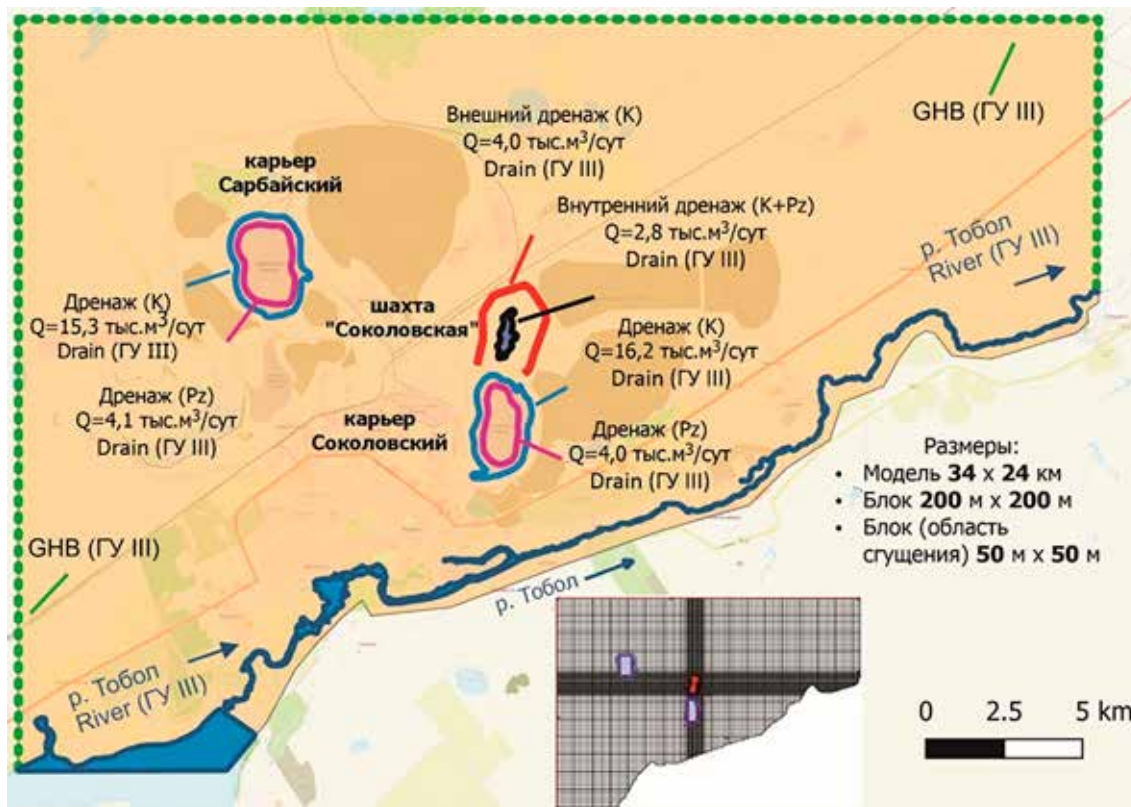


Рис. 1. Схема геофильтрационной модели района Соколовско-Сарбайского железорудного комплекса:  $Q$  – расход дренажа, тыс.  $\text{м}^3/\text{сут}$ ,  $K$  – эоцен-меловой водоносный комплекс,  $Pz$  – палеозойский водоносный комплекс. Зона обрушения на рисунке совпадает с внутренним дренажем. ГУ – граничное условие

### Граничные условия

Внешние границы модели представлены границами III рода через соответствующее фильтрационное сопротивление на расстоянии, которое не противоречит рассматриваемому процессу осушения водоносных комплексов и позволяет учитывать расширение области депрессии в процессе осушения водоносных комплексов. Река Тобол, расположенная на юге моделируемой области, также моделировалась с помощью граничного условия III рода, параметры сопротивления донных отложений определялись в процессе калибровки модели.

Приток подземных вод к горным выработкам моделировался с помощью граничного условия третьего рода – дрены (рис. 1). Глубина их заложения соответствует отметкам прибортовых дренажей водоносных комплексов для карьеров, глубине очистных работ для зоны обрушения, отметкам подошвы эоцен-мелового водоносного комплекса для внешнего дренажного комплекса ш.

«Соколовская». Параметры сопротивления дрен подбирались в процессе калибровки модели.

### Решение обратных задач

Исходными неизменными параметрами модели служили морфология и фильтрационные свойства моделируемых слоев, геометрические элементы модели и расчетной сетки и положение основных водотоков. В процессе моделирования уточнялись параметры граничных условий и фильтрационные свойства области дезинтегрированного массива зоны обрушения ш. «Соколовской». Критериями сходимости модели выступали: совпадение модельных и фактических среднегодовых притоков к дренажным устройствам и уровней подземных вод вблизи рудного поля ш. «Соколовская». Отклонение модельных притоков к дренажам от наблюдаемых составляет не более 3%. Отклонение модельных уровней подземных вод вблизи зоны обрушения составляет около 1 м.

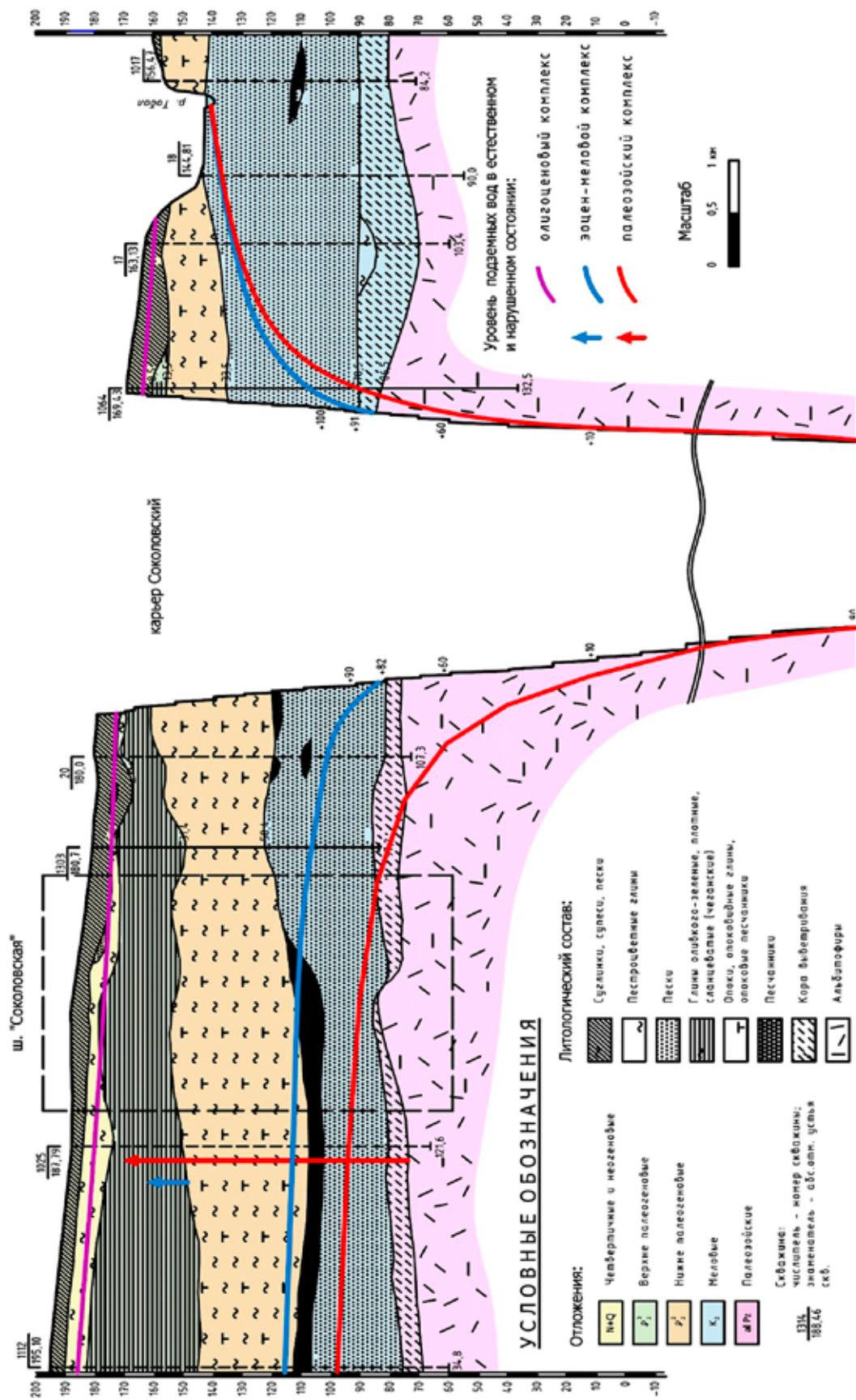


Рис. 2. Гидрогеологический разрез Соколовского месторождения по направлению Север – Юг

**Результаты исследования  
и их обсуждение**

*Факторы, влияющие на водоприток к очистной зоне.*

Для оценки влияния фильтрационных параметров зоны обрушения на приток к внутреннему контуру решена серия прямых задач гидрогеодинамического моделирования. Исследовалось влияние коэффициента фильтрации дезинтегрированного массива в зоне обрушения на изменение водопритока к зоне обрушения. Фильтрационное сопротивление дрен оставалось постоянным. Рассматривался диапазон от уменьшенных в 10 раз до увеличенных в 10 раз значений параметра фильтрации меловых песков в области ш. «Соколовская» (рис. 3).

Высокие фильтрационные свойства дезинтегрированного массива (относительно основных водоносных комплексов) не влияют на значения водопритоков к очистным работам (внутреннему дренажному контуру), низкие фильтрационные свойства (в десять раз ниже основного комплекса) приводят к значительному снижению притока к дренажной системе. Соответственно, основным фактором, определяющим водоприток, являются фильтрационные свойства эоцен-мелового комплекса.

Отметка уровня подземных вод эоцен-мелового комплекса в области рудного поля составляет в среднем 95 м. В эоцен-меловом водоносном комплексе по периметру зоны обрушения сохраняются остаточные

столбы высотой около 5–15 м и питание дезинтегрированного массива водами эоцен-мелового комплекса. Это обусловлено неоптимальным расположением внешнего дренажного контура относительно морфологических особенностей эоцен-мелового комплекса (рис. 4).

В окрестностях рудного поля подошва комплекса имеет сложный изрезанный характер рельефа. Имеются многочисленные возвышенности и впадины, а разброс отметок подошвы комплекса достигает 30 м. Несмотря на работу дренажа, положение уровня подземных вод обеспечивает значительный приток к зоне обрушения, который поступает через седловидные понижения между локальными повышениями рельефа.

Для нарушения гидравлической связи между эоцен-меловым водоносным комплексом и дезинтегрированным массивом зоны обрушения необходимо снижение уровня подземных вод по периметру шахтного поля до отметок подошвы водоносного комплекса на границе с зоной обрушения. Это позволит создать условия для сработки статических запасов в дезинтегрированном массиве зоны обрушения объемом 4,3 млн м<sup>3</sup> и обеспечить повышение безопасности добычи руды. Отметки целевого уровня водопонижения составляют 82–84 м.

Понижение до этого уровня позволит нарушить гидравлическую связь между эоцен-меловым водоносным комплексом и зоной обрушения и тем самым снизить опасность прорывов обводненных масс в горные выработки.

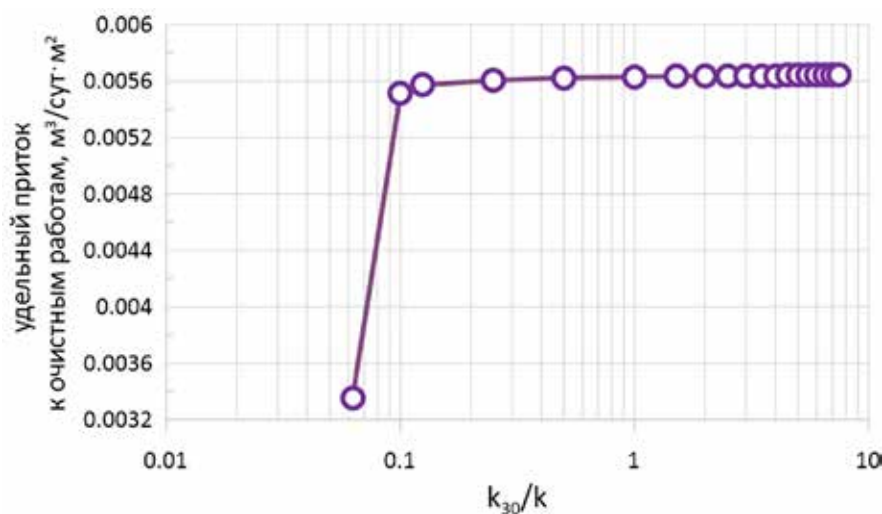


Рис. 3. Зависимость притоков к очистным работам от коэффициента фильтрации массива зоны обрушения:  $k_{30}$  – коэффициент фильтрации зоны обрушения,  $k$  – коэффициент фильтрации естественно залегающих отложений эоцен-мелового комплекса

Установление зависимостей между уровнем подземных вод в эоцен-меловом водоносном комплексе, водопритоками к дренажным устройствам и емкостными параметрами естественной геологической среды и дезинтегрированного массива зоны обрушения осуществлялось с помощью решения прогнозных задач. Для получения функциональной связи напоров в зоне обрушения и времени производились расчеты для нескольких значений упругой емкости эоцен-мелового водоносного комплекса и зоны обрушения.

Решение прогнозных задач подразумевало следующие исходные положения:

1. Цель – водопонижение в эоцен-меловом водоносном комплексе до отметки ниже среднего уровня подошвы комплекса в области зоны обрушения. Требуемый уровень водопонижения зависит от морфологии подошвы эоцен-мелового комплекса, представленной в области рудного поля корой выветривания палеозойских пород. Из положения изогипс подошвы комплекса видно, что на большей части границы зоны обрушения уровень подземных вод снизится до подошвы при отметках 82–84 м (рис. 4).

2. Водопонижение осуществляется с помощью дополнения к существующему дренажному контуру шести скважин, расход каждой из которых составляет  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$  ( $1200 \text{ м}^3/\text{сут}$ ). Скважины расположены в зонах локальных депрессий рельефа подошвы эоцен-мелового водоносного комплекса между дренажным кольцом и зоной обрушения. Расположение скважин в «низинах» подошвы комплекса обеспечивает положение забоя скважины ниже целевой отметки уровня при водопонижении (82–84 м). Скважины моделируются граничным условием второго рода.

3. Моделируемый временной интервал от начала откачки составляет 720 дней.

4. Определяется темп снижения напоров в области геометрического центра зоны воронкообразования.

5. Темп снижения уровней оценивается для трех прогнозных сценариев (вариантов), которые отличаются значениями упругой емкости определяющих гидрогеологических элементов. Базовый сценарий № 2 соответствует фактическим значениям емкости эоцен-меловых отложений и зоне обрушения.

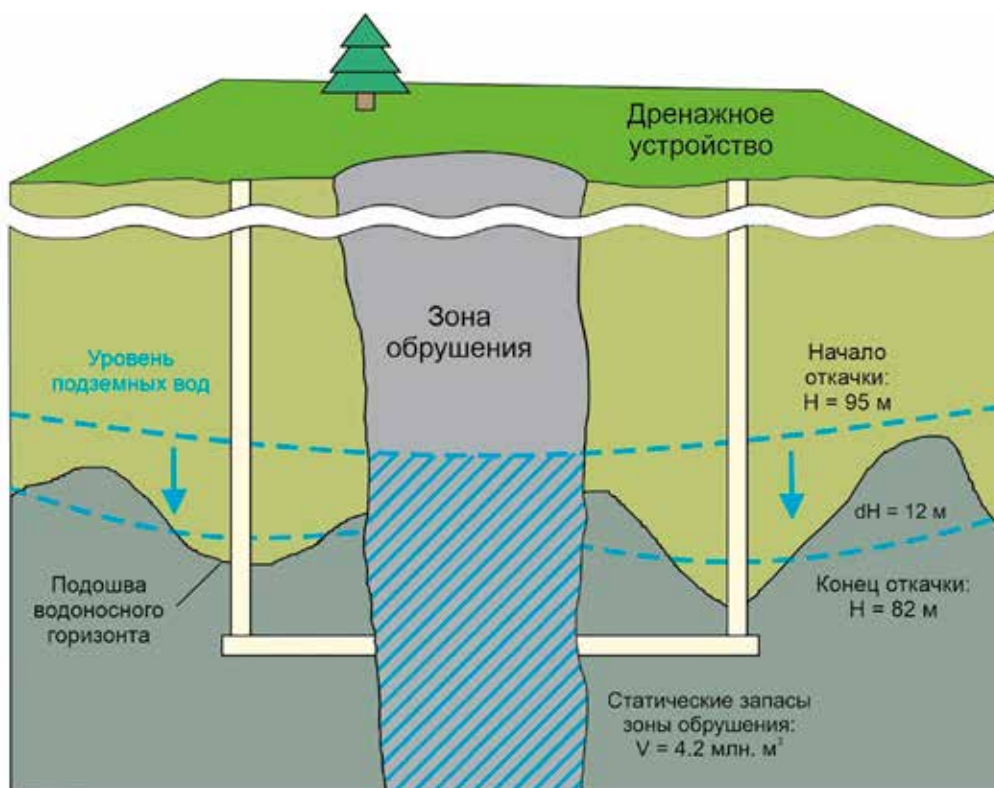


Рис. 4. Концепция модернизации дренажной системы шахты «Соколовская» с учетом особенностей морфологии подошвы эоцен-мелового водоносного комплекса. Справа шкала отметок подошвы эоцен-мелового комплекса

Емкостные параметры фильтрационной модели

№	Моделируемый элемент	k, м/сут	Упругая емкость		
			Прогноз № 1	Прогноз № 2	Прогноз № 3
1	Эоцен-меловой водоносный комплекс	0,7–6*	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
2	Зона обрушения	10	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$
3	Кора выветривания палеозойских пород (водоупор)	0,0005	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
4	Верхняя часть трещиноватой зоны палеозойского водоносного комплекса	0,085	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
5	Нижняя часть трещиноватой зоны палеозойского водоносного комплекса	0,005	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$

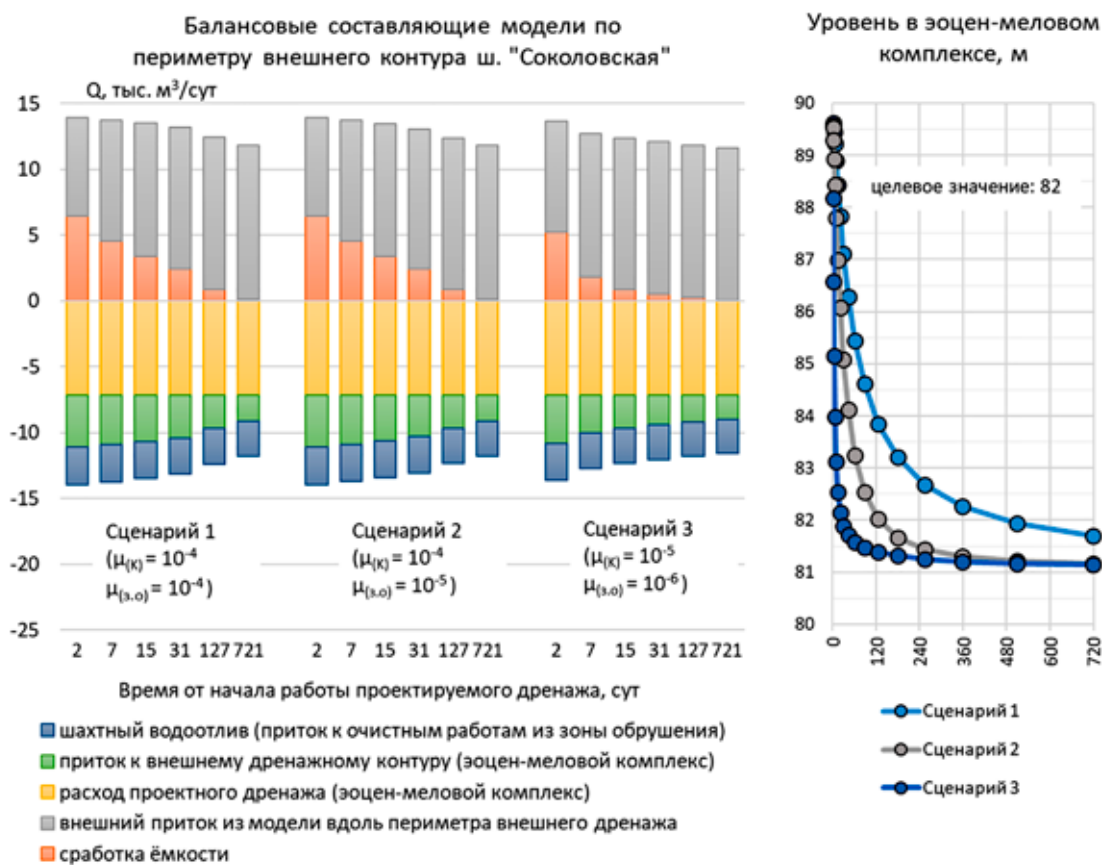


Рис. 5. Результаты прогнозного моделирования водоотлива (синий квадрат)

Пессимистичный сценарий № 1 предусматривает повышенную емкость дезинтегрированного массива зоны обрушения. Позитивный сценарий № 3 предполагает гравитационное сжатие (переотложение) эоцен-меловых отложений под влиянием многолетнего водоотлива и переотложение дезинтегрированного массива зоны обрушения (таблица).

Значения емкости коры выветривания и палеозойского водоносного комплекса остались постоянными для всех трех сценариев.

Результаты моделирования

В результате решения прогнозных фильтрационных задач получены распределения напоров в эоцен-меловом водоносном комплексе, палеозойском водоносном комплексе на начало и конец осушения, а также графики понижения уровня подземных вод.

Скорость изменения уровня подземных вод значительно зависит от емкостных показателей эоцен-меловых песков и дезинтегрированного массива.



Рис. 6. Методика обоснования дренажа дезинтегрированного массива зоны обрушения

Из графиков снижения уровней в геометрическом центре зоны обрушения видно, что при осушении эоцен-мелового водоносного комплекса поля шестью скважинами с общим расходом 7200 м<sup>3</sup>/сут снижение уровней до целевого показателя происходит менее чем за два года от начала откачки даже при худшем варианте № 1 (рис. 5).

Установлено, что при дренаже эоцен-мелового комплекса на северном фланге Соколовского месторождения снижение уровня вод эоцен-мелового комплекса до отметки подошвы комплекса (82 м) достигается не позднее чем за 510 суток.

*Методика обоснования дренажа зоны обрушения*

Проведенные исследования позволили разработать методику обоснования осушения зоны обрушения для борьбы с про-

рывами обводненных пород. Методика позволяет принимать инженерные решения по осушению месторождений, которые разрабатываются системами с обрушением кровли: с блочным обрушением и с этажным обрушением (рис. 6).

Методика базируется на оценке фильтрационных и емкостных параметров дезинтегрированного массива зоны обрушения и окружающих пород с помощью моделирования фильтрационных процессов в нестационарной постановке.

### Заключение

В работе исследованы гидрогеодинамические условия системы «дезинтегрированный массив зоны обрушения – естественная геологическая среда», которые формируются комплексом гидрогеологических и горно-



технических условий при обработке рудных месторождений системами с обрушением. Работа проведена с целью обоснования методики опережающего водопонижения для предотвращения прорывов воды и обводненных пластичных пород в горные выработки на примере Соколовского железорудного месторождения.

Предложена концептуальная геофильтрационная модель системы «дезинтегрированный массив зоны обрушения – естественная геологическая среда» для описания процессов фильтрации и обоснования дренажных мероприятий.

На геофильтрационной модели Соколовско-Сарбайской рудной зоны определено, что основным фактором, влияющим на приток к очистной зоне, являются фильтрационные свойства основного водоносного комплекса.

На основе натуральных данных и сценарных исследований обоснованы целевые уровни подземных вод, зависящие от морфологии подошвы эоцен-мелового комплекса. Определена требуемая продолжительность работы, конфигурация и производительность системы дренажа, обеспечивающие снижение напоров до необходимого уровня.

Разработана методика обоснования дренажных мероприятий для снижения опасности прорывов из зоны обрушения. Отличительными особенностями методики являются учет и оценка влияния фильтрационных и емкостных параметров дезинтегрированного массива в результате решения обратных задач и учет особенностей морфологии подошвы водоносных комплексов для эффективного снижения напоров в дезинтегрированном массиве.

#### Список литературы

1. Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г. Горно-промышленная гидрогеология. М: Недра, 1989. 287 с.
2. Ефремов Е.Ю., Мельник Д.Е. Определение безопасных условий отвалообразования на земной поверх-

ности в зоне обрушения действующего подземного рудника // Горный журнал. 2020. № 2. С. 74–79. DOI: 10.17580/gzh.2020.02.11.

3. Brown E.T. Block Caving Geomechanics. Queensland: Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre, The University of Queensland, 2007. 696 p.

4. Казикаев Д.М. Геомеханические процессы при совместной и повторной разработке руд. М.: Недра, 1981. 288 с.

5. Holder A., Rogers A.J., Barlett P.J., Keyter G.J. Review of mud rush mitigation on Kimberley’s old scraper drift block caves. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2013. Vol. 113. No. 7. P. 529–537.

6. Butcher R., Stacey T.R., Joughin W.C. Mud rushes and methods of combating them. The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy. 2005. Vol. 105. P. 817–824.

7. Edgar I., Prasetyo R., Wilkinson M. Deep Ore Zone mine wet ore mining empirical learnings, mining process evolution and development pathway. Proceedings of the Eighth International Conference & Exhibition on Mass Mining, University of Chile, Santiago, 2020. P. 385–393. DOI: 10.36487/ACG\_repo/2063\_24.

8. Widodo L.E., Widijanto E., Faadhilah I., Sunyoto W. Fuzzy-Based Prediction of Spatio-Temporal Distribution of Wet Muck in Block Cave Mine of PT Freeport Indonesia. Journal of Engineering and Technological Sciences. 2018. Vol. 50. No. 2. P. 291–313. DOI: 10.5614/j.eng.technol.sci.2018.50.2.9.

9. Castro R., Betancourt F., Gómez R., Salas O., Zarabia J. Experimental study of mudrush mechanisms under different moisture contents in block caving. International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2023. Vol. 37. P. 243–254. DOI: 10.1080/17480930.2023.2166761.

10. Castro R., Basaure K., Palma S., Vallejos S. Geotechnical characterization of ore related to mudrushes in block caving mining. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2017. Vol. 117. No. 3. P. 275–284. DOI: 10.17159/2411-9717/2017/v117n3a9.

11. Castro R., Garces D., Brzovic A., Armijo F. Quantifying Wet Muck Entry Risk for Long-term Planning in Block Caving. Rock Mechanics and Rock Engineering volume. 2018. Vol. 51. P. 2965–2978. DOI: 10.1007/s00603-018-1512-3.

12. Ефремов Е.Ю. Характеристика распределения прорывов глинистых отложений // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т.331. №12. С.126–134. DOI:10.18799/24131830/2019/12/2409.

13. Далатказин Т.Ш. Исследование минерального состава глинистых отложений коры выветривания при выполнении геодинамической диагностики для обеспечения безопасности объектов недропользования // Проблемы недропользования. 2018. Т. 3. С. 39–43. DOI: 10.25635/2313-1586.2018.03.039.

14. Ефремов Е.Ю. Обоснование завершения критерия воронкообразования // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2018. Т. 4. С. 12–21.

15. Едигенов М.Б. Гидрогеология рудных месторождений Северного Казахстана. Костанай, 2013. 308 с.

## СТАТЬЯ

УДК 528.145

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ УРАВНЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
НИВЕЛИРНОГО РЯДА ИЗ СДВОЕННЫХ КВАДРАТОВ****Волков Н.В., Волкова Т.Н., Волков В.И.***ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет»,  
Санкт-Петербург, e-mail: volkov.nikita@yahoo.com*

Уравнивание геодезических построений является весьма важной процедурой при выполнении высокоточных геодезических измерений и обработке их результатов как в процессе создания опорных геодезических сетей, так и при выполнении точных и высокоточных геодезических работ, выполняемых в составе специальных инженерных изысканий при проектировании прецизионных сооружений и эксплуатации объектов горнодобывающей промышленности. Так, в местах строительства прецизионных сооружений линейного типа, к которым относятся строительные технологические комплексы линейных ускорителей заряженных частиц, промышленные конвейеры тонких технологий и другие высокотехнологические объекты, создаются точные и высокоточные геодезические построения, обеспечивающие проведение высокоточных и инженерно-геодезических наблюдений. В статье рассмотрен способ уравнивания фигуры таких построений, которыми могут быть: цепочки триангуляции и трилатерации, полигонометрические ходы и системы полигонометрических ходов, а также нивелирные ходы, системы нивелирных ходов и цепочек из нивелирных квадратов. При проектировании геодезических измерений, производящихся для оценки устойчивости прецизионного сооружения, прямо зависящей от микродеформаций горных пород его основания, возникает необходимость в исследовании видов таких микродеформаций и их кинематических характеристик. При этом постановка таких исследований предусматривает построение сетей высокоточного нивелирования, конфигурация которых привязана к геометрии сооружения. Так, для прямолинейного прецизионного сооружения (линейные ускорители, интерферометры, промышленные конвейеры тонких технологий и другие) создаются нивелирные сети в виде цепочек квадратов, в частности сдвоенных нивелирных квадратов. Рассмотрен порядок обработки результатов высокоточного нивелирования по квадратам, предусматривающий уравнивание и оценку точности результатов нивелирования. Авторами статьи разработан строгий способ оценки точности результатов нивелирования по квадратам. В результате проведенных теоретических исследований рассмотрены вопросы оценки точности функции уравненных неизвестных. Получена общая формула обратного веса функции уравненных величин для нивелирного ряда из сдвоенных квадратов.

**Ключевые слова:** нивелирование по квадратам, уравнивание элементов нивелирования по квадратам, оценка точности нивелирного ряда

**ESTIMATION OF THE ACCURACY OF THE EQUALIZED ELEMENTS  
OF THE LEVELING SERIES OF DOUBLE SQUARES****Volkov N.V., Volkova T.N., Volkov V.I.***Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg,  
e-mail: volkov.nikita@yahoo.com*

The problem of equalization of geodetic constructions is a very important procedure when performing high-precision geodetic measurements and processing their results both in the process of creating reference geodetic networks, and when performing accurate and high-precision geodetic works performed as part of special engineering surveys when designing precision structures and operating mining facilities. Thus, in the construction sites of precision linear structures, which include construction and technological complexes of linear accelerators of charged particles, industrial conveyors of fine technologies and other high-tech facilities, accurate and high-precision geodetic constructions are created, providing high-precision and engineering geodetic observations. The article considers a way to equalize the figure of such post-states, which can be: chains of triangulation and trilateration, polygonometric moves and systems of polygonometric moves, as well as leveling moves, systems of leveling moves and chains of leveling squares. When designing geodetic measurements made to assess the stability of a precision structure that directly depends on the micro-deformations of the rocks of its base, there is a need to study the types of such micro-deformations and their kinematic characteristics. At the same time, the formulation of such studies provides for the construction of high-precision leveling networks, the configuration of which is tied to the geometry of the structure. Thus, for rectilinear precision structures (linear accelerators, interferometers, industrial conveyors of fine technologies and others), leveling networks are created in the form of chains of squares, in particular, double leveling squares. The order of processing the results of high-precision leveling by squares is considered, which provides for equalization and evaluation of the accuracy of the leveling results. The authors of the article have developed a strict method for evaluating the accuracy of the results of leveling by squares. As a result of the theoretical studies conducted, the issues of estimating the accuracy of the function of the equalized unknowns are considered. A general formula for the inverse weight of the function of equalized quantities for a leveling series of double squares is obtained.

**Keywords:** leveling by squares, equalization of leveling elements by squares, evaluation of the accuracy of the leveling series

Проблема уравнивания геодезических построений является весьма важной процедурой при выполнении высокоточных геодезических измерений и обработке их ре-

зультатов как в процессе создания опорных геодезических сетей, так и при выполнении точных и высокоточных геодезических работ, выполняемых в составе специальных

инженерных изысканий при проектировании прецизионных сооружений и эксплуатации объектов горнодобывающей промышленности. Так, в местах строительства прецизионных сооружений линейного типа, к которым относятся строительные-технологические комплексы линейных ускорителей заряженных частиц, промышленные конвейеры тонких технологий и другие высокотехнологические объекты, создаются точные и высокоточные геодезические построения, обеспечивающие проведение высокоточных и инженерно-геодезических наблюдений. Фигурами таких построений могут быть: цепочки триангуляции и трилатерации, полигонометрические ходы и системы полигонометрических ходов, а также нивелирные ходы, системы нивелирных ходов и цепочек из нивелирных квадратов. Результаты геодезических измерений, в частности высокоточных нивелирований по цепочкам сдвоенных квадратов уравниваний, решают три основные задачи [1, 2]: определение по результатам геодезических измерений надежных значений искомым величин, а также их функций как косвенных результатов измерений оценки точности результатов измерений; оценки точности результатов измерений и функций измеренных величин.

В связи с тем, что устойчивость прецизионного сооружения прямо зависит от микродеформаций горных пород его основания [3, 4], возникает необходимость в исследовании видов таких микродеформаций и их кинематических характеристик. При этом постановка таких исследований предусматривает построение сетей высокоточного нивелирования, конфигурация которых привязана к геометрии сооружения. Так, для прямолинейного прецизионного сооружения (линейные ускорители, интерферометры, промышленные конвейеры тонких технологий и другие) создаются нивелирные сети в виде цепочек квадратов, в частности сдвоенных нивелирных квадратов

(рисунок). Порядок обработки результатов высокоточного нивелирования по квадратам предусматривает уравнивание и оценку точности результатов нивелирования.

Основной целью исследования является разработка строгого способа оценки точности результатов нивелирования по квадратам.

**Материалы и методы исследования**

В соответствии с методом наименьших квадратов может быть вычислена общая формула обратного веса функции уравниваемых величин для сдвоенных нивелирных рядов из квадратов. Согласно данным о направлениях превышений по звеньям, приведенным на рисунке, условные уравнения поправок для сдвоенных рядов нивелирных квадратов можно предоставить в указанном виде:

I – верхний ряд нивелирных квадратов

$$(5i) + (5i - 1) + (5i - 2) - (5i - 6) + W_{2i-1} = 0, (1)$$

II – нижний ряд нивелирных квадратов

$$(5i) + (5i - 1) + (5i - 2) - (5i - 3) + W_{2i} = 0, (2)$$

при текущем номере  $i$  от 1 до  $n$ .

Уравнивание приращений весовой функции [1] отметки конечной точки  $K$  или приращения по нивелирному ходу  $O-K$  ( $O$  – начальная точка) может быть представлена как  $\Delta F_K = \sum_1^K 5i$  при  $i$  от 1 до  $K$ .

Коэффициенты нормальных уравнений для сдвоенных нивелирных рядов из одинаковых квадратов представляют собой пятидиагональную матрицу и определяются равенствами

$$[a_g a_g] = 4, \text{ при } g \text{ от } 1 \text{ до } 2n$$

$$[a_g a_{g+1}] = e_g, \text{ при } g = 1 \text{ и } g = 2n - 1 \quad (3)$$

$$e_{2n} = 0, e_{2n+1} = 1,$$

или

$$[a_{2i-1} a_{2i}] = 1, \text{ при } i \text{ от } 1 \text{ до } n \quad (4)$$

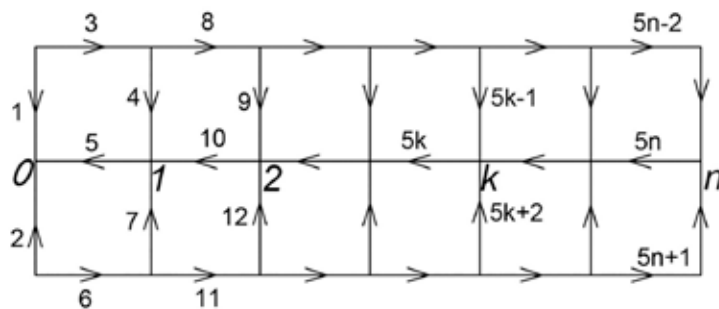


Схема сети из сдвоенных нивелирных квадратов

Далее:

$$\begin{aligned} [a_{g-2}a_g] &= -1, \text{ при } g = 3, 4, \dots, 2n \\ \text{и } [a_g f] &= -1, \text{ при } g = 1, 1, \dots, 2K \end{aligned} \quad (5)$$

Откуда следует, что  $[ff] = K$ .

Тогда ошибка уравненной отметки точки равна

$$m_K = \mu \sqrt{\frac{1}{p_f}} \text{ при } \frac{1}{p_f} = [ff] - Q, \quad (6)$$

где  $\mu$  – ошибка единицы веса, измеренного превышения стороны квадрата,  $Q$  – весовая функция.

### Результаты исследования и их обсуждение

Одной из важных задач уравнивательных вычислений в отношении нивелирного ряда из сдвоенных квадратов является оценка влияния уравнивания за условия полигонов на обратный вес любого элемента.

Общеизвестно [5–7], что составляющая обратного веса  $Q$ , как матрица весовых коэффициентов, определяется равенством

$$Q = \sum_{g=1}^m \frac{[a_g f(g-1)]^2}{[a_g a_g(g-1)]}. \quad (7)$$

Раскрывая по общему правилу [1, 8] алгоритмы преобразованных нормальных уравнений, соответствующих условиям полигонов с учетом равенств (3) и (5), в которых  $[a_h a_{g+1}]$  при  $h = 1, 2, \dots, (g-2)$  имеет вид

$$\begin{aligned} [a_{g+1} a_{g+1} g] &= [a_{g+1} a_{g+1}] - \\ & - \frac{[a_g a_{g+1}(g-1)]^2}{[a_g a_g(g-1)]} - \frac{[a_{g-1} a_{g+1}(g-2)]^2}{[a_{g-1} a_{g-1}(g-2)]}; \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} [a_{g+1} f g] &= [a_{g+1} f] - \\ & - \frac{a_g a_{g+1}(g-1)[a_g f(g-1)]}{[a_g a_g(g-1)]} - \\ & - \frac{a_{g-1} a_{g+1}(g-2)[a_{g-1} f(g-2)]}{[a_{g-1} a_{g-1}(g-2)]}; \end{aligned} \quad (9)$$

С учетом значений (1) и (2), получаем

$$\begin{aligned} [a_{g-1} a_{g+1}(g-2)] &= [a_{g-1} a_{g+1}] = -1 \\ \text{при } g &= 2, 3, \dots, 2n+1, \end{aligned} \quad (10)$$

$$[a_g a_{g+1}] = +eg \text{ при } g = 1, 2, \dots, 2n-1, \quad (11)$$

$$e_{2i+1} = e_{\text{нечетн}} = 1 \text{ и } e_{2i} = e_{\text{четн}} = 0. \quad (12)$$

Значение квадратичных членов преобразованных нормальных уравнений коррелят можно представить в виде простых дробей, что убедительно подтверждается в работе, а именно:

$$[a_g a_g(g-1)] = \frac{M_{g+1}}{M_g}. \quad (13)$$

Так как при раскрытии алгоритмов имеем

$$[a_1 a_1] = \frac{4}{1}; [a_2 a_2] = \frac{15}{4};$$

$$[a_3 a_3 \cdot 2] = \frac{56}{15}; [a_4 a_4 \cdot 3] = \frac{192}{56}.$$

С учетом условных уравнений поправок (1), а также равенств (3), (4) и (13) после введения обозначений

$$[a_g a_{g+1}(g-1)] = \frac{E_g}{M_g} \quad (14)$$

получим

$$\begin{aligned} [a_g a_{g+1}(g-1)] &= \frac{E_g}{M_g} = \\ & = \frac{e_g M_g + M_{g-1} [a_{g-1} a_{g-1}(g-2)]}{M_g}. \end{aligned} \quad (15)$$

Тогда, с учетом (14) и (15), справедливо равенство

$$E_g - E_{g-1} = e_g M_g. \quad (16)$$

При  $E_0 = 0$  сумма равенств (16) если  $h = 1, 2, \dots, g$  реализуется в виде аналитического выражения

$$E = \sum_{n=1}^g e_n M_n, \text{ где } h = 1, 2, \dots, g. \quad (17)$$

Далее, подставляя в (8) значения (13), (10) и (14) соответствующих алгоритмов, получим в общем виде

$$[a_{g+1} a_{g+1} g] = \frac{M_{g+2}}{M_{g+1}} = 4 - \frac{M_{g-1}}{M_g} - \frac{E_g^2}{M_g M_{g+1}}. \quad (18)$$

Из последнего равенства после его преобразования получаем

$$M_g M_{g+2} = 4M_g M_{g+1} - M_{g-1} M_{g+1} - E_g^2. \quad (19)$$

Из равенства (19), но с увеличенным на единицу индексом  $g$ , приняв во внимание (16), после сокращения на  $M_{g+1}$ , получим основную формулу для последовательного вычисления целых чисел  $M$ :

$$M_{g+3} = 4(M_{g+2} - M_g) + M_{g-1} - e_{g+1}(E_{g+1} + E_g) \quad (20)$$

Равенство (20) при условиях (12) и (17) является рекуррентным уравнением для чисел  $M$ , служащих для получения квадратичных членов по формуле (13).

Подставляя в (9) выражения преобразованных и представленных формулами (18), (14) и (10) алгоритмов после сокращений  $(g+1)$ -го члена, получим

$$\begin{aligned} [a_{g+1}fg] &= [a_{g+1}f] + \frac{E_g}{M_{g+1}} [a_g f(g-1)] + \\ &+ \frac{M_{g-1}}{M_g} [a_{g-1}f(g-2)]. \end{aligned} \quad (21)$$

Выражая числа  $[a_g f(g-1)]$  в виде простых дробей:

$$[a_g f(g-1)] = \frac{F_g}{M_g}. \quad (22)$$

Из равенства (21) получим формулу для последовательного вычисления значений  $F$ :

$$F_g = M_g [a_g f] + \frac{E_{g-1}F_{g-1} + M_g F_{g-2}}{M_{g-1}}. \quad (23)$$

Используя равенства (18) и (22), найдем для любого члена формулы

$$U_g = \frac{[a_g f(g-1)]^2}{[a_g a_g (g-1)]} = \frac{F_g^2}{M_g M_{g+1}}. \quad (24)$$

Рассмотрим последовательные значения сумм  $S_m$ :

$$\begin{aligned} S_1 &= U_1, \quad S_2 = S_1 + U_2, \quad \dots, \\ S_g &= S_{g-1} + U_g, \quad \dots, \quad S_m = S_{m-1} + U_m. \end{aligned} \quad (25)$$

Величины  $S_g$  можно представить в виде простых дробей, знаменателями которых будут служить числа  $M$ , а числителями – новая последовательность целых чисел  $S$ :

$$S_g = \frac{S}{M_{g+1}}. \quad (26)$$

Подставляя в общий член последовательности (25) выражения для  $S_g$ ,  $S_{g-1}$  и  $U_g$

согласно формулам (24) и (26), получим формулу для вычисления каждого последующего значения  $S_g$  через предыдущие  $S_{g-1}$  и числа  $M$  и  $F$ :

$$S_g = \frac{M_{g+1}S_{g-1} + F^2}{M_g}; \quad g = 1, 2, \dots, n. \quad (27)$$

По формуле (27) можно последовательно вычислить  $S_g$ , начиная с  $S_1$ , (положив  $S_0 = 0$ ) и заканчивая  $S_m$ .

При вычислении  $S_m$  получим величину  $Q$ , вносимую в обратный вес любого нивелирного ряда условными уравнениями полигонов [9]:

$$Q = \frac{S_m}{M_{m+1}}. \quad (28)$$

Последовательно подставляя  $F_1, F_2, \dots$  в виде разложения по коэффициентам  $[a_h f]$ :

$$F_g = \varphi_{g1}[a_1 f] + \dots + \varphi_{gh}[a_h f] + \dots + \varphi_{gg}[a_g f]. \quad (29)$$

Согласно формуле (29) для вычисления чисел  $F_g$  необходимо соединить коэффициенты при  $[a_h f]$ , содержащиеся в разложениях  $F_{g-1}$  и  $F_{g-2}$ , что позволяет записать следующее аналитическое выражение для вычисления чисел  $\varphi_{gh}$ , а именно:

$$\varphi_{gh} = \frac{M_g \varphi_{g-2,h} + E_{g-1} \varphi_{g-1,h}}{M_{g-1}}. \quad (30)$$

Следует показать, что если значения чисел  $\varphi_{gh}$  в таблице, в которой  $g$  – номер строки, а  $h$  – номер столбца, то последовательность чисел  $\varphi_{gh}$  по столбцам и строкам удовлетворяют соответственно следующим двум возвратным уравнениям 4-го порядка с периодическими меняющимися коэффициентами  $e$ :

– для  $h$ -го столбца:

$$\varphi_{g+4,h} = e_{g+3} \varphi_{g+3,h+4} \varphi_{g+2,h} + e_{g+2} \varphi_{g+1,h} - \varphi_{gh}, \quad \text{при } 1 \leq h \leq g. \quad (31)$$

– для  $g$ -й строки:

$$\varphi_{g,h+4} = -e_{h+2} \varphi_{g,h+3} + 4\varphi_{g,h+2} - e_{h+1} \varphi_{g,h+1} - \varphi_{gh}, \quad \text{при } 0 \leq h \leq g. \quad (32)$$

Начальными членами для  $\varphi$  будут два числа:  $\varphi_{g1}$ ,  $\varphi_{g2}$  (полагая предшествующие числа равными нулю), а числа  $e$  определяются равенствами (12).

Значения коэффициентов  $\varphi_{gh}$ 

g	$E_g$	$M_g$	Значения $\varphi$ при различных $h$							
			1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1	1							
2	1	4	1	4						
3	16	15	4	1	15					
4	16	56	8	16	16	56				
5	208	192	16	8	56	16	192			
6	208	712	47	68	120	225	208	712		
7	2623	2415	68	47	225	120	712	208	2415	

Аналогично разложению  $F_g$  используем формулы (27) и (29) для последовательного получения  $S$  в виде разложения по произведениям  $[a_g f][a_h f]$ :

$$S_m = \sum_{g=1}^m \sum_{h=1}^m G_{mgh} [a_g \cdot f][a_h \cdot f], \quad (33)$$

причем для последовательного вычисления  $G$  получим

$$G_{mgh} = \frac{M_{m+1}G_{m-1gh} + \varphi_{mg} \cdot \varphi_{mh}}{M_m}. \quad (34)$$

Величины  $G$ , как и  $M$ ,  $E$ ,  $\varphi$ , являются целыми положительными числами и определяются возвратным уравнением

$$\begin{aligned} G_{m,g,h+4} &= -e_{h+2}G_{m,g,h+3} + \\ &+ 4G_{m,g,h+3} - e_{h+1}G_{m,g,h+1} - G_{m,g,h}, \\ &\text{при } g \neq h+2; \quad h \geq 1. \end{aligned} \quad (35)$$

Из сопоставления формул (33) и (35) видно, что  $G_{mmh} = \varphi_{mh}$ .

Подставив в это выражение  $S_m$  с учетом обозначения,  $\rho_{mgh} = \frac{G_{mgh}}{M_{m+1}}$  получим в окончательном виде формулу для вычисления величины любой весовой функции [9, 10]:

$$Q = \sum_{g=1}^m \sum_{h=1}^m \rho_{mgh} [a_g f][a_h f]. \quad (36)$$

### Заключение

В результате проведенных теоретических исследований рассмотрены вопро-

сы оценки точности функции уравненных неизвестных. Получена общая формула обратного веса функции уравненных величин для нивелирного ряда из двоек квадратов.

### Список литературы

1. Беликов А.Б., Симонян В.В. Математическая обработка результатов геодезических измерений: учебное пособие. 2-е изд. М.: НИУ МГСУ, 2016. 432 с.
2. Попов В.Н., Чекалин С.И. Геодезия. М.: Горная книга, 2017. 518 с.
3. Большаков В.Д., Левчук Г.П., Новак В.Е. Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам. М.: Недра, 1980. 780 с.
4. Volkov V.I., Volkov N.V. Use of the program and goal-oriented approach to observe the vertical displacements of the earth's surface in Russia. E3S Web of Conferences. TRASEE-2019. 2019. No. 91 (07023). 7 p.
5. Лавров Г.Ф. Оценка точности элементов двоиного триангуляционного ряда, уравненного по направлениям. Исследование по геодезии и фотограмметрии: Научные записки № 5. Львов: ЛПИ, 1999. С. 108–140.
6. Волков В.И., Волков Н.В., Волкова Т.Н. Поиск оптимального способа уравнивания результатов повторного нивелирования, выполняемого на геодинимических полигонах // Успехи современного естествознания. 2021. № 11. С. 32–37.
7. Маркузе Ю.И. Обобщенный рекуррентный алгоритм уравнивания свободных и несвободных геодезических сетей с локализацией грубых ошибок // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. № 1. С. 3–16.
8. Шеховцов Г.А. Единый алгоритм уравнивания, оценки точности и оптимизации геодезических засечек. Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. 123 с.
9. Дерр В.Я. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов. СПб.: Лань, 2021. 596 с.
10. Simonyan V.V., Shendyapina S.V. Calculating the accuracy of strain observations of high-rise buildings and structures using electronic total stations. E3S Web of Conferences 164. 02022 (2020). TRASEE 2019. 9 p.