



2023  
№4(20)

# Окружающая среда и энерговедение

Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)



<http://www.jeees.ru>

ISSN 2658-6703  
(Online)

# Окружающая среда и энерговедение

---

**Journal of Environmental Earth and Energy Study (JEEES)**

**2023 №4(20)**

Научный, образовательный, культурно-просветительский сетевой журнал  
Scientific, educational, cultural and educational network Journal

Основан в 2018 году,  
1-й номер вышел в январе 2019 г.  
Выходит четыре раза в год  
при научно-информационной поддержке  
Географического факультета МГУ  
имени М.В. Ломоносова.

Founded in 2018,  
The 1st issue was released in January 2019.  
Published four times a year with scientific and  
information support  
Geographical faculty of Lomonosov Moscow  
State University.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации Эл № ФС 77 - 74521 от 7 декабря 2018 г.

---

Индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU, Научной электронной библиотеке «КиберЛенинка», Public Knowledge Project, Open Archives Initiative, OpenAIRE



## Главный редактор

Залиханов Михаил Чоккаевич, д.г.н., профессор,  
академик РАН (МГУ им. М. В. Ломоносова).

## Зам. главного редактора

Дегтярев Кирилл Станиславович, к.геогр.н  
(МГУ им. М. В. Ломоносова)

Бушуев Виталий Васильевич, д.т.н., профессор (ОИВТ  
РАН)

## Ответственный секретарь

Соловьев Дмитрий Александрович, к.физ.-мат.н.  
(ИО РАН).

## Редакционная коллегия:

Безруких Павел Павлович, д.т.н., академик-секретарь РИА  
(МЭИ)  
Березкин Михаил Юрьевич, к.геогр.н (МГУ им. М. В.  
Ломоносова).  
Бушуев Виталий Васильевич, д.т.н., профессор (ОИВТ РАН).  
Гулев Сергей Константинович, д.ф.-м.н., профессор, член-  
корреспондент РАН (ИО РАН).  
Дегтярев Кирилл Станиславович, к.геогр.н (МГУ им. М. В.  
Ломоносова).  
Добролюбов Сергей Анатольевич, д.геогр.н., профессор, член-  
корреспондент РАН (МГУ им. М. В. Ломоносова).  
Зайченко Виктор Михайлович, д.т.н., профессор (ОИВТ РАН).  
Залиханов Алим Михайлович, к.геогр.н, (МГУ им. М. В.  
Ломоносова).  
Киселева Софья Валентиновна, к.физ.-мат. н. (МГУ им. М. В.  
Ломоносова).  
Красовская Татьяна Михайловна, д.геогр.н., профессор (МГУ  
им. М. В. Ломоносова).  
Моргунова Мария Олеговна, к.э.н. (KTH Royal Institute of  
Technology, Sweden).  
Нигматулин Роберт Искандрович, д.ф.-м.н., профессор,  
академик РАН (ИО РАН).  
Панченко Владимир Анатольевич, к.т.н., доцент (Российский  
университет транспорта (МИИТ))  
Показеев Константин Васильевич, д.физ.-мат.н., профессор  
(МГУ им. М. В. Ломоносова).  
Рафикова Юлия Юрьевна, к.геогр.н. (МГУ им. М.В.  
Ломоносова)  
Соловьев Дмитрий Александрович, к.физ.-мат.н.,  
ответственный секретарь (ИО РАН).  
Тикунев Владимир Сергеевич, д.геогр.н., профессор (МГУ им.  
М. В. Ломоносова).

## Адрес редакции:

119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, к. 19, НИЛ  
возобновляемых источников энергии географического  
факультета МГУ им. М.В.Ломоносова  
Тел./ факс +7 (499) 939-42-57  
e-mail: info@jeees.ru  
Официальный сайт журнала <http://jeees.ru>

## Окружающая

### среда и энерговедение. 2023 №4(20)

Научный, образовательный, культурно-просветительский  
сетевой журнал (периодическое сетевое издание)  
Редактор К.С.Дегтярев  
Корректор К.Г.Горошкин  
Верстка М.Ю.Березкин  
Перевод на английский язык  
К.С.Дегтярев  
Подписан в свет 28.12.2023.

## Издатель:

ООО "Глобализация и устойчивое развитие. Институт  
энергетической стратегии"  
125009, г. Москва, Дегтярный переулок, д. 9, офис 011.  
Тел./факс: +7 (495) 229-4241 доб. 224.  
E-mail: guies@guies.ru.

Перепечатка или воспроизведение материалов  
номера любым способом полностью или по частям  
допускается только с письменного разрешения Издателя.

Учредитель: Соловьев Д.А.

© Редакция журнала

«Окружающая среда и энерговедение», 2023

Государственный Рубрикатор НТИ России  
(ГРНТИ): 37; 39; 44; 45

## Содержание

Бузузов В.А. Юбилейные даты 2023 года: поздравления Я.И. Бляшко, С.В. Грибкова и В.В. Харченко .....	4
Вереземская П.С., Криницкий М.А. Прогноз изменения уровня поверхности океана в 21 веке по данным моделей CMIP6 .....	10
Синицын А.В., Гулев С.К. Применение оценки распределения вероятностей спутниковых данных об общем балле облачности для Мирового океана ....	21
Холкин Д.В. Поэтика автора плана ГОЭЛРО (как поэзия помогла Глебу Кржижановскому электрифицировать Советскую Россию) .....	30
Чекарев К.В., Залиханов А.М. Парусная энергетическая установка наземного базирования с автоматическим изменением направления движения .....	48

## Content

Butuzov V.A. Anniversary Dates of 2023: Congratulations to Y.I. Blyashko, S.V. Gribkov, and V.V. Kharchenko .....	4
Verezemskaya P.S., Krinitskiy M.A. Prognostic changes of sea level anomaly in XXI century based on CMIP6 model ensemble .....	10
Sinitsyn A.V., Gulev S.K. Application of Probability Distribution Assessment for Satellite Data on Total Cloud Cover for the World Ocean .....	21
Kholkin D.V. The Poetics of the Author of the GOELRO Plan (How Poetry Helped Gleb Krzhizhanovsky Electrify Soviet Russia) .....	30
Chekarev K.V., Zalikhanov A.M. Land-Based Sailing Power Plant with Automatic Change of Direction of Movement .....	48

УДК 929:061.2

DOI: 10.24412/2658-6703-2023-4-4-9  
EDN: DFSHLC

## Юбилейные даты 2023 года: поздравления Я.И. Бляшко, С.В. Грибкова и В.В. Харченко

Бутузов Виталий Анатольевич <sup>[0000-0003-2347-9715]</sup>

ФГБОУ Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

E-mail: ets@nextmail.ru

**Аннотация.** В 2023 году научное сообщество отмечает знаменательные юбилеи трех выдающихся ученых - Я.И. Бляшко, С.В. Грибкова и В.В. Харченко. В данной статье освещаются достижения и вклад каждого из этих ученых в развитие своих областей науки. Отражены ключевые научные исследования и разработки, проведенные этими учеными на протяжении их карьеры. Статья также включает личные воспоминания коллег и учеников, подчеркивая не только профессиональные, но и личные качества Я.И. Бляшко, С.В. Грибкова и В.В. Харченко. Этот материал будет интересен не только специалистам в области науки, но и широкой аудитории, стремящейся узнать больше о жизни и работе этих выдающихся личностей.

**Ключевые слова:** юбилеи ученых, научные достижения, Я.И. Бляшко, С.В. Грибков, В.В. Харченко

### 75-летие Я.И. Бляшко

Кандидат технических наук, генеральный директор АО «МНТО ИНСЭТ» является ведущим российским специалистом по малой гидроэнергетике. Яков Иосифович родился 27.01.1949г. в Узбекистане (г.Чирчик, Ташкентской области). Закончив школу с серебряной медалью он, приехав в 1966г. в Ленинград, поступил в Механический институт, ныне БГТУ «Военмех». После его окончания с 1978 по 1989 годы работает в структурах Ленинградского механического завода в должностях от инженера до начальника бюро, где он разработал и внедрил технологию ультразвуковой обработки лопаток турбомашин. С 1989г. по настоящее время Я.И. Бляшко руководит единственным в России специализированным научно-техническим предприятием «МНТО ИНСЭТ» в Санкт-Петербурге. За более 30 летний период в «МНТО ИНСЭТ» под его руководством были разработаны,

произведены и смонтированы в России и в зарубежных странах более 80 образцов нового гидроэнергетического оборудования. Предприятие выполняет полный цикл работ также по проектированию и строительству гидроэлектростанций. Конкурентоспособность АО «МНТО ИНСЭТ» определяется высоким научным уровнем руководителя. После кратковременного обучения (1982-1983) Яков Иосифович в 1983г. защитил кандидатскую диссертацию по повышению выносливости лопаток турбомашин, в 1987г. окончил Центральный институт повышения квалификации по патентоведению, а в 1996г. Институт повышения квалификации кадров при институте точной механики и оптики в Санкт-Петербурге.

Под руководством Я.И. Бляшко была разработана Концепция создания типоразмерного ряда гидроагрегатов малых ГЭС и методология их проектирования, подготовлено 25 изобретений и более 50 научных работ, в том числе три монографии. Я.И. Бляшко руководил научными программами Минобрнауки РФ, является ведущим экспертом нескольких научных фондов, участвовал в разработке Программы энергообеспечения районов Крайнего Севера, Программы развития малой гидроэнергетики России, является членом редакционного совета журнала «СОК» (отопление, кондиционирование, возобновляемая энергетика, энергосбережение), участвует во всех российских и в большинстве зарубежных конференций по возобновляемой энергетике. Яков Иосифович более 10 лет активно занимается педагогической деятельностью в Инженерно-строительном институте СПбПУ: читает лекции, руководит ГЭК, издал два учебных пособия. Его отличает активная работа в ведущих российских научных и общественных организациях. Он вице – президент объединения энергетиков Северо – Запада, член Президиума комитета по ВИЭ РосНИО, член Президиума национального комитета по сотрудничеству с Латинской Америкой.



Активная производственная и научная деятельность Я.И. Бляшко получила признание: 1987г. – звание «Кадровый турбостроитель»; Золотая медаль ВДНХ СССР; 2001г. - Золотая медаль ВВЦ РФ; 2003г. звание РосНИО «Инженер года России»; 2008г. медаль Шухова. В том же году – медаль «300 лет Санкт-Петербурга»; 2009г. звание «Ветеран труда»; 2014г. занесение в Книгу почета РосНИО. Научно – техническая общественность и коллеги Якова Иосифовича искренне поздравляют с юбилеем и желают долгих лет плодотворной творческой деятельности.

## 75-летие С.В. Грибкова

Академик российской инженерной академии, кандидат технических наук, Почетный энергетик Минэнерго РФ, генеральный директор ООО НИЦ «Виндэк», ученый секретарь Комитета ВИЭ РосСНИО, ведущий российский специалист по малой ветроэнергетике Сергей Владимирович Грибков родился 18.06.1948г. в г. Москве. После окончания средней школы, он в 1966г. поступил в Московский энергетический институт, а в 1973 г. защитил диплом инженера – электромеханика и поступил в аспирантуру этого вуза по специальности «Разработка систем электроснабжения для автономных объектов» совмещая обучение с преподавательской деятельностью. В 1987 – 1989гг. был командирован



МЭИ в Камбоджу для чтения лекции в Высшем техническом институте. По возвращению Сергей Владимирович продолжил преподавание в МЭИ до 1990г. (в стенах МЭИ – 24 года). В 1990 – 1992гг. он руководил НТЦ экологического приборостроения (Москва), в 2000 по 2023гг. работал в Московском Комплексе ФГУП ЦАГИ, в 2003 – 2004гг. – заместитель начальника управления научно – технического прогресса Минтопэнерго РФ, с 1992г. по настоящее время руководит ООО «НИЦ «Виндэк».

С.В. Грибков является ведущим специалистом по разработке электрических генераторов и конструкций ветроустановок малой мощности. С 2001г. по настоящее время им созданы десятки генераторов мощностью от 200 Вт до 10 кВт, конструк-

ций однолопастных ВЭУ типа «Виндэк» мощностью от 200 Вт до 1000 Вт, двухлопастных мощностью 250 Вт (16 шт.). Им ведутся работы по созданию вертикально – осевых ВЭУ мощностью до 5 кВт. Он участвовал в разработке ветро – солнечно – дизельной электростанция типа «Бриз» в пос. Изобильном Ставропольского края. Сергей Владимирович был инициатором создания Ульяновского ветропарка, участвовал в разработке проекта сооружения нескольких ветро-дизельных электростанций на южном берегу Кольского полуострова. Научные результаты его работы обобщены в докторской диссертации, представленной в научный совет НИУ «МЭИ», в более 100 статьях в ведущих российских и зарубежных журналах. Он активный участник международных и российских научных конференций и выставок. Многолетняя (с 2003г.) общественная работа Сергея

Владимировича на посту ученого секретаря Комитета ВИЭ РосСНИО, особенно по организации ежегодных международных научно-практических конференций, последние годы совместно с МЭИ, снискала уважение и благодарность российской научной общественности.

Активная многолетняя производственная, научная и общественная деятельность Сергея Владимировича получила заслуженное признание: почетные звания «Почетный энергетик» (Минэнерго РФ), «Почетный энергетик Западного Урала» (Пермь); золотой знак ЦАГИ (Москва); многочисленные награды РосСНИО: почетные грамоты, лауреатство конкурса «Инженер года» (2013г.), медаль «150 лет Императорскому техническому обществу»; орден и медаль РИА «Инженерная Слава» (2023г, 2018г.). Сергей Владимирович достиг больших успехов в педагогической деятельности: чтение лекции в МЭИ, МГТУ им. Баумана, в вузах Казахстана, руководство дипломными проектами, аспирантами, председательство в ГЭК ряда вузов.

Российская Научно – техническая общественность и коллеги искренне поздравляют Сергея Владимировича с юбилеем, желают успешной защиты докторской диссертации, долгих лет жизни и плодотворной творческой деятельности.

### 85-летие В.В. Харченко



Почетный профессор кафедры «Возобновляемые источники энергии» Института гидроэнергетики и ВИЭ НИУ «МЭИ», доктор технических наук, профессор Валерий Владимирович Харченко, ведущий российский специалист по фотоэнергетике родился 18 декабря 1938 г. Научную деятельность начал в 1962 г. после окончания Ташкентского политехнического института в Физико-техническом институте АН Узбекистана, а в последствии вплоть до 1996 г. работал и в других ведущих республиканских институтах: Институте электроники, Центральном проектно-конструкторском и технологическом бюро научного приборостроения (зам. директора), Институте экономики (зам. директора),

Специальном конструкторском бюро авиационно – космических приборов (директор), Институте энергетике и автоматики (г.н.с.). С 1996 по 2002 гг. Валерий Владимирович трудился в узбекских филиалах международных организаций:

ПРООН, Глобального экологического фонда, активно участвовал в программе ТАСИС. В 2003г. переехал в Россию, где продолжил работу во Всероссийском институте электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ – ВИМ).

В научном творчестве Валерия Владимировича можно выделить узбекский и российский этапы. В Узбекистане с 1961г. по 2002 г. он опубликовал более 200 печатных работ, в том числе, по основному направлению своей научной деятельности – монографию «Вопросы эпитаксиального осаждения кремния» и получил 12 авторских свидетельств СССР на способы и устройства газофазного получения и измерения электрофизических параметров кремниевых структур. Во время работы в международных организациях он издал несколько брошюр по ВИЭ. Работая на руководящих должностях, Харченко В.В. активно продвигал не только проекты и разработки в рамках своих научных интересов, но и работы в смежных областях науки и техники. Специалистам хорошо известны результаты этой работы: технологии для производства солнечного кремния и приборов на его основе (фотоэлектрических модулей, приборов для космоса). Рентгенорадиометрические спектрометры «ИФП» и счетчики частиц «ЛСА» успешно сработали на космических кораблях «Вега – 1,2» при исследовании планеты Венера. Эти разработки были отмечены медалями ВДНХ СССР и Премиями Ленинского комсомола Узбекистана.

Талант научного работника, создателя новых идей полностью раскрылся в России в институте ВИЭСХ в творческом содружестве с академиком Д.С. Стребковым. За двадцать лет Харченко В.В. издано более 250 печатных работ, охватывающих широчайший спектр научных тематик: преобразование солнечной энергии; применение ФЭМ; комплексное использование фотоэнергетики и других ВИЭ; разработка источников микрогенерации и построение микросетей на основе ВИЭ; применение модулей PV-T; использование теплоты окружающей среды; общие проблемы ВИЭ; тепловое преобразование солнечной энергии и др. Для российской науки в целом и возобновляемой энергетики в частности большим событием было издание в США в 2018–2020 гг. под редакцией профессоров В.В. Харченко и П. Васанта серии справочников по проблемам ВИЭ (5 книг суммарным объемом 2643 стр.), в которых он лично участвовал в написании 18 глав и оказывал неоценимую помощь своим российским коллегам при техническом переводе их текстов. Всего с 1961 по 2022 гг. Харченко В.В. подготовил более 450 печатных работ, четыре монографии, создал 24 новых технических решения, защищенных патентами.

В.В. Харченко является членом Международного общества солнечной энергетики «Inter Solar Energy Society», членом Комитета ВИЭ РосСНИО, членом редколлегии журналов «Гелиотехника»; «Industrial Technology and Engineering» и др. Юбилар всегда стремится активно передать свой богатый и разносторонний опыт молодым специалистам. Как руководитель он подготовил к защите в Узбекистане трех кандидатов технических наук, а в ВИЭСХ – ВИМ пять кандидатов и двух докторов технических наук.

Российская научно – техническая общественность, исследователи гелиотехники и материаловеды Республики Узбекистан и целого ряда других стран, соратники, коллеги и ученики искренне поздравляют Валерия Владимировича с

Юбилеем, желают ему долгих лет жизни и плодотворной творческой деятельности!

*Материалы подготовлены Бутузовым В.Ф. и редакцией журнала «Окружающая среда и энерговедение».*

## **Anniversary Dates of 2023: Congratulations to Y.I. Blyashko, S.V. Gribkov, and V.V. Kharchenko**

Vitaly Butuzov <sup>[0000-0003-2347-9715]</sup>

FGBOU Kuban' State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

E-mail:ets@nextmail.ru

**Abstract.** In 2023, the scientific community celebrates the significant anniversaries of three outstanding scientists - Y.I. Blyashko, S.V. Gribkov, and V.V. Kharchenko. This article highlights the achievements and contributions of each of these scientists in the development of their scientific fields. It reflects the key scientific research and developments conducted by these scientists throughout their careers. The article also includes personal memories from colleagues and students, emphasizing not only the professional but also the personal qualities of Y.I. Blyashko, S.V. Gribkov, and V.V. Kharchenko. This material will be of interest not only to specialists in the field of science but also to a wide audience eager to learn more about the life and work of these distinguished individuals.

**Keywords:** scientist anniversaries, scientific achievements, Y.I. Blyashko, S.V. Gribkov, V.V. Kharchenko

УДК 551.46:551.583.7

DOI: 10.24412/2658-6703-2023-4-10-20

EDN: LGDFUI

## Прогноз изменения уровня поверхности океана в 21 веке по данным моделей СМIP6

Вереземская Полина Сергеевна <sup>[0000-0001-6415-1260]</sup>,Креницкий Михаил Алексеевич <sup>[0000-0001-5943-0695]</sup>

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

E-mail: verezem@sail.msk.ru, krinitsky@sail.msk.ru

**Аннотация.** В представленной статье описаны результаты оценки прогнозных изменений уровня моря для ряда пунктов береговой зоны Мирового океана на основании использования климатических моделей для разных сценариев потепления глобального климата. Оценки получены с использованием данных климатических моделей СМIP6 (AR6 IPCC 2021). Все оценки выполнены для сценариев экономического развития ssp126, ssp245, и ssp585, представляющие возможные траектории развития в диапазоне от агрессивного до мягкого использования углеводородов при выработке энергии. Результаты представлены в виде трендов оценок прироста уровня моря, сопровождаемых оценками обеспеченности и рассчитанных с использованием данных по ансамблю из 13 климатических моделей СМIP6. Результаты могут быть использованы для оценок подверженности вдоль береговой инфраструктуры затоплениям в различные временные интервалы 21-го столетия.

**Ключевые слова:** СМIP6, уровень поверхности океана, климатические изменения, оценка рисков затопления.

### 1 Введение

Данное исследование посвящено оценке рисков повышения уровня океана по данным модельных расчетов в соответствии с социальноэкономическими сценариями прогнозистического эксперимента СМIP6. Под *уровнем поверхности океана* в климатологии понимается расстояние по вертикали между фактической поверхностью моря и поверхностью постоянного геопотенциала, с которым совпадал бы средний уровень моря, если бы океан находился в покое.

Наблюдаемые изменения уровня океана представляют собой один из самых неоспоримых сигналов климатических изменений, определяемых глобальным потеплением [4]. Точная оценка современных глобальных изменений среднего уровня моря и его компонентов (тепловое расширение океана, потеря массы ледяного щита, изменение массы ледников, изменение запасов воды на суше и т. д.) важна по многим причинам. Средний глобальный уровень моря является интегралом изменений, происходящих в климатической системе Земли в ответ на наблюдаемую изменчивость климата, а также на естественные и антропогенные воздействующие факторы, например, чистый вклад потепления океана, потери массы наземного льда и изменения запасов воды в континентальных широтах в бассейнах рек. Временные изменения компонентов непосредственно отражаются на осредненных оценках глобальных изменений среднего уровня моря. При достаточной точности имеющихся оценок, при оценках баланса уровня моря имеются ограничения, связанные с плохо определенными факторами, такими как недостаточность наблюдений в глубинах океана, неопределенности изменений запасов воды на суше из-за деятельности человека. Изменение среднего глобального уровня моря тесно связано с временными изменениями общего теплосодержания океана [8, 10] и изостатическими изменениями ледников, которые оказывают значительное влияние на интерпретацию данных космической гравиметрии, основанных на миссии GRACE, над океанами (которая точно фиксирует изменения массы океана).

При этом локальные изменения уровня моря могут существенно отличаться от глобальных средних изменений; рост уровня может быть значительно выше или ниже глобального уровня за десятилетие или более. Например, измерения, полученные с помощью альтиметрии, показали, что геоцентрический уровень моря в западной части Тихого океана повышается со скоростью, в три раза превышающей глобальное среднее значение, в то время как изменение в восточной части Тихого океана почти равно нулю или отрицательно. Региональные закономерности изменения уровня моря более точно обнаруживаются со спутников в дополнение к имеющейся сети мареографов.

## **2 Данные, использованные в работе**

В исследовании в качестве данных для оценки рисков повышения уровня океана в районах производства металлов использовались данные последнего эксперимента по сравнению климатических моделей CMIP6, опубликованные впервые в 2021 году. При выборе моделей, ансамбль по которым был проанализирован, авторы руководствовались доступностью данных прогноза уровня поверхности океана на период с 2015 по 2050 (2100) гг. и рекомендациям, приведенным в Шестом оценочном докладе Межправительственной панели по изменениям климата (AR6 IPCC). Чтобы построить репрезентативную выборку данных, с учетом доступности, были выбраны 13 моделей CMIP6 (Табл. 1).

Таблица 1. Список моделей, использованных в исследовании и их основные параметры

Название модели	Пространственное разрешение	Научный центр	Модель океана
CAS-ESM2-0	1x1°	LASG/IAP	
CESM2-WACCM	0.5625x0.9375°	NCAR	POP2
ACCESS-CM2	1x1°	CSIRO	GFDL-MOM5
CMCC-CM2-SR5	1x1°	CMCC	NEMO3.6
ACCESS-ESM1-5	1x1°	CSIRO	MOM5
IPSL-CM6A-LR	1x1°	IPSL	NEMO3.6
MIROC6	1x1°	JAMSTEC, AORI, NIES, R-CCS	COCO4.9
MPI-ESM1-2-LR	1.5x1.5°	MPI-M	MPIOM1.63
NorESM2-LM/MM	1x1°	CICERO, MET-Norway, NERSC	MICOM
EC-Earth3-Veg-LR	1x1°	AEMET, BSC, CNR-ISAC, FMI etc.	NEMO3.6
EC-Earth3-Veg	1x1°	AEMET, BSC, CNR-ISAC, FMI etc.	NEMO3.6
GFDL-ESM4	0.5x0.5°	NOAA	GFDL-MOM6

Также требованием к данным являлось наличие данных этих моделей в трех сценариях, для которых было проведено исследование: ssp126, ssp245, ssp370 и ssp585 (рис. 1). Эти три эксперимента были выбраны так как представляют собой: наиболее благоприятный исход действия климатических программ по уменьшению выбросов CO<sub>2</sub> по всему миру (ssp126, соответствует сценарию RCP2.6 предыдущего эксперимента CMIP5); наиболее средний и вероятный сценарий ssp245 (ранее не был представлен); и наиболее неблагоприятный сценарий ssp585 (ранее использовался в CMIP5 как сценарий RCP8.5), который соответствует 90му перцентилю сценариев, что никакие ограничения по выбросам CO<sub>2</sub> не будут приняты.

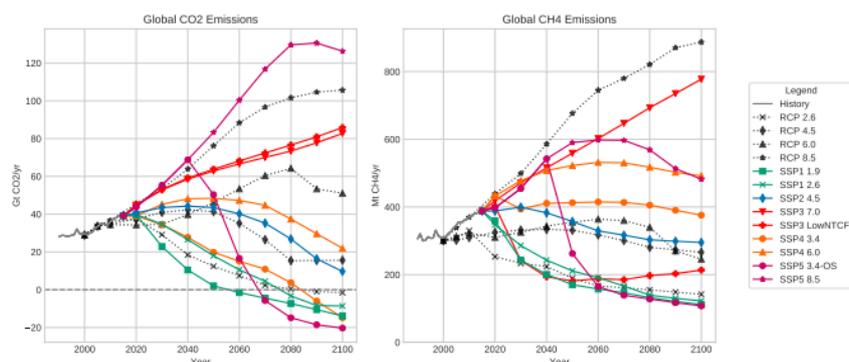


Рис. 1. Изменение концентрации уровня CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> согласно социоэкономическим сценариям CMIP6 по прогнозу с 2015 по 2100 гг. [3].

В рамках предварительной обработки данных, данные всех моделей были проинтерполированы на единую координатную сетку, а именно на сетку модели GFDL-ESM4, так как она представлена на сетке с самым высоким разрешением. Обычно в случае использования разнородных данных поступают именно так, чтобы детальность данных с высоким разрешением не была потеряна при интерполяции на сетку с более грубым разрешением. Разрешение по горизонтали в результате интерполяции составило  $0.5 \times 0.5^\circ$  для всех моделей. При интерполяции использовались схемы Акимы и линейная, что допустимо, так как поле высоты уровня моря является гладким скалярным полем и при линейной интерполяции не возникает искусственных экстремумов.

### 3 Региональные тренды уровня океана

Несмотря на то, что таяние материковых ледников является наиболее интуитивной причиной роста уровня океана, во многих работах [1, 2, 9] показано, что наравне с ней доминирующим фактором роста уровня океана является *стерический подъём/опускание*, связанное с термическим расширением/сжатием воды. В связи с этими факторами, прогностические модели фиксируют в моделях рост уровня поверхности в 21 веке в большей части Мирового океана – за счет роста температуры океана, особенно на поверхности, и обширного таяния ледников суши и морского льда. Также, фактором, который влияет на изменение уровня, является *солёностное сжатие*, эффект, связанный с увеличением испарения с поверхности океана за счет роста температуры, и, как следствие, увеличением солености океана, которое влияет на высоту уровня обратно пропорционально [2]. Относительно изменений солености важным фактором является *изменение режима осадков* над территорией, которое сопровождается ростом уровня океана при возрастании их количества, и понижению при сокращении [5, 6, 7].

Детально проведение оценки рисков повышения уровня океана было выполнено для провинций добычи и обработки цветных металлов, так как разрушение инфраструктуры в результате затопления приведет к серьезным последствиям для экологии океана. Рассматривались следующие провинции:

1. Восточная Азия (Китай, Тайвань, Япония)
2. Юго-восточная Азия (Филиппины, Индонезия)

Регион Восточной Азии находится под значительным влиянием роста температуры теплого течения Куроисио, чем объясняется отчасти конфигурация области (рис. 2 и 3), занятой положительным трендом уровня поверхности океана. Здесь наблюдается умеренно высокий рост уровня поверхности океана (от +0.5 до 2 см/10 лет, далее, если не указано обратное, описываются положительные тренды) в соответствии со сценариями ssp126, ssp245 и ssp585 соответственно. В случае сценария ssp585, являющегося самым жестким по эмиссии CO<sub>2</sub>, к востоку от островов Хонсю и Хоккайдо с 95% обеспеченностью прогнозируется рост уровня океана со скоростью 2.5 см/10 лет.

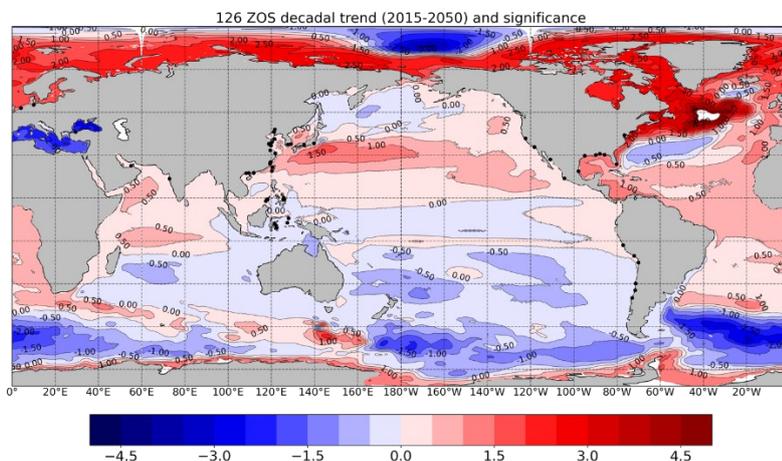


Рис. 2. Средний по ансамблю моделей декадный тренд (см/10 лет, период с 2015 по 2050 гг.) высоты уровня поверхности океана согласно сценарию ssp126.

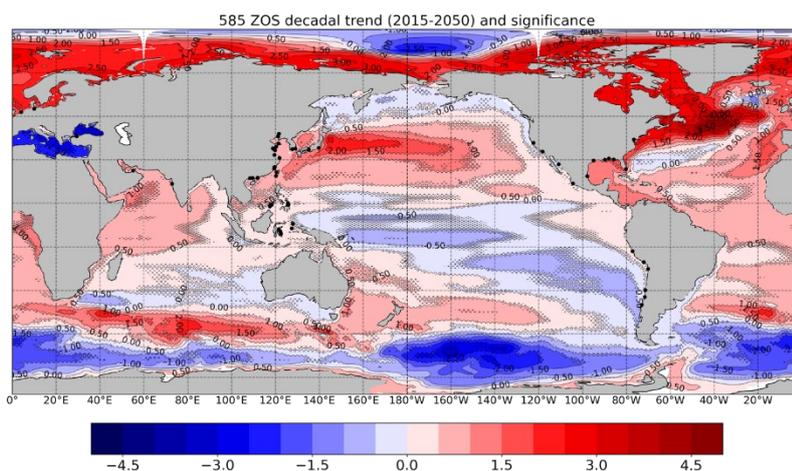
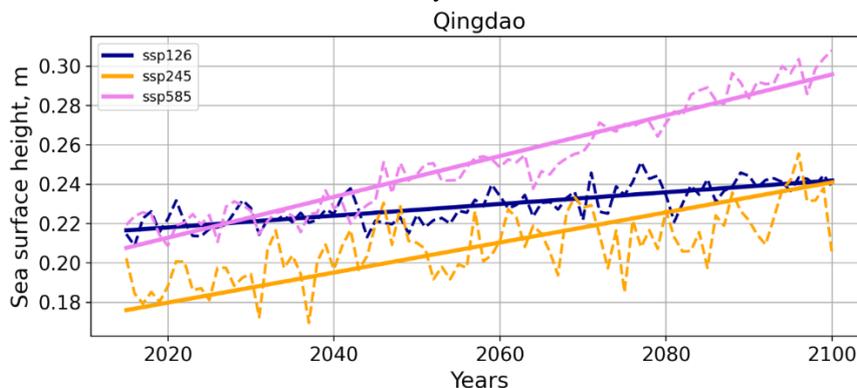


Рис. 3. Средний по ансамблю моделей декадный тренд (см/10 лет, период с 2015 по 2050 гг.) высоты уровня поверхности океана согласно сценарию ssp585.

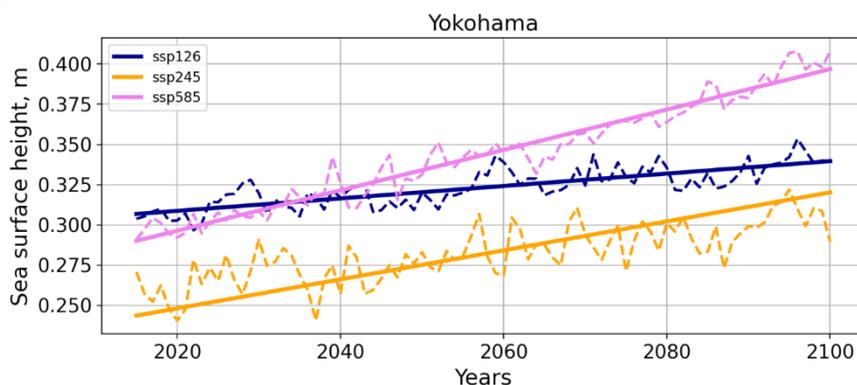
В портах Китая прогнозируемый декадный тренд составляет от 0.2 см (0.49 и 0.63) в Дзиньжу до 0.29 см (0.7 и 1.07) в Чиндао в декаду согласно сценарию ssp126 (ssp245 и ssp585) соответственно. Общая тенденция изменения уровня в регионе приводит к росту уровня моря в Qingdao, например, на 0.9 (1.3 и 2.6) см к 2050 году по сценариям соответственно (рис. 4). Принимая во внимание абсолютную высоту города над уровнем моря – 46 м – вероятность затопления основных инфраструктурных объектов к 2050 году оценивается как нулевая. Прогнозируемая амплитуда приливных колебаний составляет 242 см на 2050 г, а именно

+148 см максимальная прогнозируемая высота прилива и -95 см максимальная величина отлива, что также не является условием для затопления.



**Рис. 4.** Межгодовой ход (пунктирная кривая) и линия тренда (сплошная прямая) уровня поверхности океана в период с 2015 по 2100 гг. в пункте Чиндао, Китай по данным сценариев ssp126 (синим), ssp245 (оранжевым) и ssp585 (розовым).

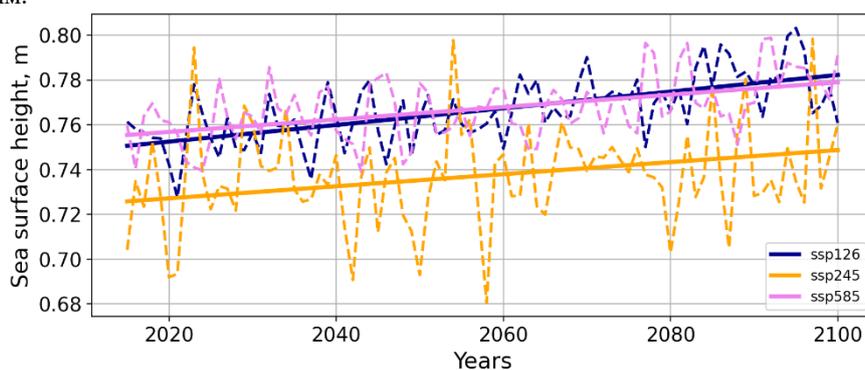
В акватории вблизи Южной Кореи и Японии прогнозируется более быстрый рост уровня океана, особенно в сценариях ssp245 и ssp585. По данным прогноза согласно сценарию ssp585 для всех пунктов в этой области прогнозируемая величина декадного тренда более 1.04 см в 10 лет (рис. 5). Так, например в Йокогаме рост уровня океана за период с 2015 по 2050 гг. составляет 3.08 см. Прогнозируемая максимальная величина прилива составляет на 2050 г. +89 см, отлива – -131 см. Так как основная инфраструктура города и порта находится на высоте  $24 \pm 1$  м, затопление за счет роста уровня океана согласно прогнозам маловероятно.



**Рис. 5.** Межгодовой ход (пунктирная кривая) и линия тренда (сплошная прямая) уровня поверхности океана в период с 2015 по 2100 гг. в пункте Йокогама, Япония по данным сценариев ssp126 (синим), ssp245 (оранжевым) и ssp585 (розовым).

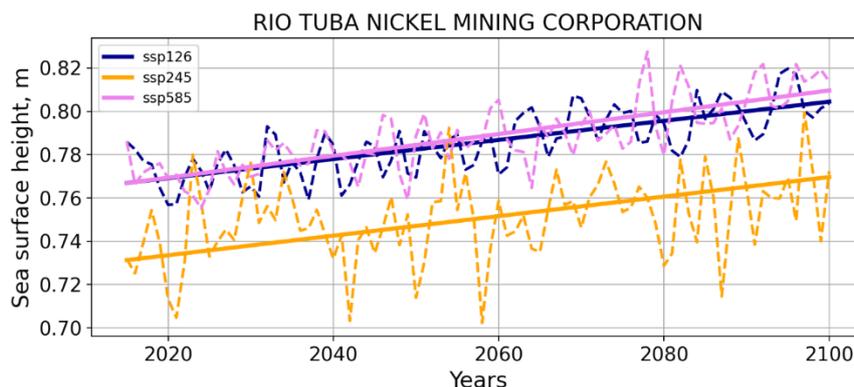
В регионе **Юго-восточной Азии**, по большей части расположенный в субэкваториальном и экваториальном климатических поясах, уровень поверхности океана испытывает на себе воздействие нескольких разнонаправленных изменений: рост температуры поверхности океана, увеличение испарения с поверхности и изменение режима осадков. В случае наиболее благоприятного сценария, ssp126, превалирующее влияние роста температуры и увеличение количества осадков приводит к наиболее высоким среди всех сценариев положительным значениям трендов: до 0,45 см в декаду. Так как высота уровня океана находится в сложной нелинейной зависимости от комбинации перечисленных факторов, а также от характера циркуляции океана, в сценариях ssp245 и ssp585 величины трендов ниже в среднем по региону: 0.14 см/10 лет и 0.27 см/10 лет соответственно. В регионе в целом можно выделить две группы пунктов по их расположению относительно Тихого океана: в Южно-Китайском море (менее 20%) и на берегу Тихого океана (80%). Точки, находящиеся на тихоокеанском побережье, демонстрируют меньший рост уровня океана вне зависимости от сценария. Также пункты, расположенные на тихоокеанском побережье (рис. 6 и 7), характеризуются меньшей амплитудой приливных колебаний.

Например, на восточном Филиппинском побережье максимальное значение тренда за период 2015-2050 гг. прогнозируется согласно сценарию ssp126 и составляет 0.379 см/декаду, в то время как более жесткие сценарии ssp245 и ssp585 дают значения тренда 0.15 и 0.28 см/декаду соответственно. Прогнозируемый рост составляет 1.34, 0.53 и 0.99 см/декаду по трем сценариям соответственно. Один из заводов располагается в долине реки на высоте 20 м над уровнем моря, что означает практическую невозможность затопления за счет роста уровня океана к 2050 году. Однако, при таком расположении в зависимости от розы ветров есть вероятность формирования ветрового нагона с подъемом уровня реки до 1 м, и затопление производства/инфраструктуры все равно остается маловероятным.



**Рис. 6.** Межгодовой ход (пунктирная кривая) и линия тренда (сплошная прямая) уровня поверхности океана в период с 2015 по 2100 гг. восточном побережье Филиппин по данным сценариев ssp126 (синим), ssp245 (оранжевым) и ssp585 (розовым).

Рудник Rio Tuba располагается на холмистой местности с высотами над уровнем моря от 40 до 80 м. При прогнозируемых трендах от 0.34 см/10 лет (ssp245) до 0.5 см/10 лет (ssp585) величины прироста за период с 2015 по 2050 гг. варьируются от 1.6 до 1.8 см. Это позволяет исключить потенциальное затопление инфраструктуры за счет данного фактора.



**Рис. 7.** Межгодовой ход (пунктирная кривая) и линия тренда (сплошная прямая) уровня поверхности океана в период с 2015 по 2100 гг. в пункте RIO TUBA, Филиппины по данным сценариев ssp126 (синим), ssp245 (оранжевым) и ssp585 (розовым).

Рост уровня океана в Индонезийских портах соответствует тихоокеанскому типу.

#### 4 Заключение

По данным прогностических моделей, входящих в эксперимент по сравнению климатических моделей CMIP6 (AR6 IPCC 2021), проведена оценка рисков повышения уровня океана в районах производства металлов. Для оценки были выбраны социальноэкономические сценарии ssp126, ssp245 и ssp585, представляющие, соответственно, наиболее благоприятный (уменьшение выбросов CO<sub>2</sub> и выход изменения температуры на плато к 2050 году), средний (выбросы CO<sub>2</sub> выходят на уровень 2015 года к 2060-му) и наиболее неблагоприятный (к 2100 году объем выбросов увеличивается больше, чем втрое).

Тренды и оценки прироста уровня моря, представленные в статье, имеют обеспеченность 95%, и рассчитаны с использованием данных по ансамблю из 13 климатических моделей CMIP6.

С точки зрения комплексного анализа факторов, которые ведут к повышению уровня океана (термостерический, баристатический, вертикальные движения земной коры, приливная динамика), 100% вероятность затопления при реализации любого из сценариев обнаружена для портов/городов/рудников: Ляншань, Янджонг, Шанхай, Лианюньган и Джангсу, так как относительная высота над

уровнем моря этих пунктов составляет на данный момент 0 м или -2 м (для Джинангу). Для пункта Моровали затопление возможно, только если речь идет о портовой инфраструктуре, сам город находится на высоте 22 м над уровнем моря. По данным проведенного анализа, для остальных пунктов, высота над уровнем моря (согласно той же модели геоида, которая используется в моделях) которых более 5 м, а прирост уровня океана к 2050-му году колеблется в пределах +0.05 - +8.25 см (по всем рассмотренным сценариям), риск затопления портовой или добывающей инфраструктуры оценивается как нулевой. В некоторых случаях, особенно при расположении объектов в долинах рек (в основном в Китае), в случае штормов или ветровых нагонов могут формироваться условия, потенциально опасные для инфраструктуры. Однако прогнозы мезомасштабных опасных явлений на данный момент не предоставляются климатическими моделями, только статистические оценки.

### Благодарность

Данная статья написана при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ государственное задание № FMWE-2022-0002.

### Литература

1. Church, J. A., Gregory, J. M., Huybrechts, P., Kuhn, M., Lambeck, K., Nhuan, M. T., Qin, D. and Woodworth, P. L. (2001): Changes in Sea Level, in: J.T Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.): *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel*
2. Frederikse, T., Landerer, F., Caron, L., Adhikari, S., Parkes, D., Humphrey, V. W., ... & Wu, Y. H. (2020). The causes of sea-level rise since 1900. *Nature*, 584(7821), 393-397.
3. Gidden, M. J., Riahi, K., Smith, S. J., Fujimori, S., Luderer, G., Kriegler, E., ... & Takahashi, K. (2019). Global emissions pathways under different socioeconomic scenarios for use in CMIP6: a dataset of harmonized emissions trajectories through the end of the century. *Geoscientific model development*, 12(4), 1443-1475.
4. Gulev, S.K., P.W. Thorne, J. Ahn, F.J. Dentener, C.M. Domingues, S. Gerland, D. Gong, D.S. Kaufman, H.C. Nnamchi, J. Quaas, J.A. Rivera, S. Sathyendranath, S.L. Smith, B. Trewin, K. von Schuckmann, and R.S. Vose, 2022: Changing State of the Climate System. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 287-422. doi: 10.1017/9781009157896.004.
5. Hermans, T. H., Gregory, J. M., Palmer, M. D., Ringer, M. A., Katsman, C. A., & Slangen, A. B. (2021). Projecting global mean sea-level change using CMIP6 models. *Geophysical Research Letters*, 48(5), e2020GL092064.
6. Jevrejeva, S., Palanisamy, H., & Jackson, L. P. (2020). Global mean thermosteric sea level projections by 2100 in CMIP6 climate models. *Environmental Research Letters*, 16(1), 014028.

7. Lyu, K., Zhang, X., & Church, J. A. (2020). Regional dynamic sea level simulated in the CMIP5 and CMIP6 models: Mean biases, future projections, and their linkages. *Journal of Climate*, 33(15), 6377-6398.
8. Peltier W. R., Argus D. F., Drummond R. Space geodesy constrains ice age terminal deglaciation: The global ICE-6G\_C (VM5a) model //Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 2015. – Т. 120. – №. 1. – С. 450-487.
9. Storto A, Bonaduce A, Feng X, Yang C. Steric Sea Level Changes from Ocean Reanalyses at Global and Regional Scales. *Water*. 2019; 11(10):1987. <https://doi.org/10.3390/w11101987>
10. von Schuckmann, K., Palmer, M. D., Trenberth, K. E., Cazenave, A., Chambers, D., Champollion, N., Hansen, J., Josey, S. A., Loeb, N., Mathieu, P. P., Meyssignac, B., and Wild, M.: Earth's energy imbalance: an imperative for monitoring, *Nat. Clim.*

## References

1. Church, J. A., Gregory, J. M., Huybrechts, P., Kuhn, M., Lambeck, K., Nhuan, M. T., Qin, D. and Woodworth, P. L. (2001): Changes in Sea Level, in: J.T Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.): *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel*
2. Frederikse, T., Landerer, F., Caron, L., Adhikari, S., Parkes, D., Humphrey, V. W., ... & Wu, Y. H. (2020). The causes of sea-level rise since 1900. *Nature*, 584(7821), 393-397.
3. Gidden, M. J., Riahi, K., Smith, S. J., Fujimori, S., Luderer, G., Kriegler, E., ... & Takahashi, K. (2019). Global emissions pathways under different socioeconomic scenarios for use in CMIP6: a dataset of harmonized emissions trajectories through the end of the century. *Geoscientific model development*, 12(4), 1443-1475.
4. Gulev, S.K., P.W. Thorne, J. Ahn, F.J. Dentener, C.M. Domingues, S. Gerland, D. Gong, D.S. Kaufman, H.C. Nnamchi, J. Quaas, J.A. Rivera, S. Sathyendranath, S.L. Smith, B. Trewin, K. von Schuckmann, and R.S. Vose, 2022: Changing State of the Climate System. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 287-422. doi: 10.1017/9781009157896.004.
5. Hermans, T. H., Gregory, J. M., Palmer, M. D., Ringer, M. A., Katsman, C. A., & Slangen, A. B. (2021). Projecting global mean sea-level change using CMIP6 models. *Geophysical Research Letters*, 48(5), e2020GL092064.
6. Jevrejeva, S., Palanisamy, H., & Jackson, L. P. (2020). Global mean thermosteric sea level projections by 2100 in CMIP6 climate models. *Environmental Research Letters*, 16(1), 014028.
7. Lyu, K., Zhang, X., & Church, J. A. (2020). Regional dynamic sea level simulated in the CMIP5 and CMIP6 models: Mean biases, future projections, and their linkages. *Journal of Climate*, 33(15), 6377-6398.
8. Peltier W. R., Argus D. F., Drummond R. Space geodesy constrains ice age terminal deglaciation: The global ICE-6G\_C (VM5a) model //Journal of Geophysical Research: Solid Earth. – 2015. – Т. 120. – №. 1. – С. 450-487.
9. Storto A, Bonaduce A, Feng X, Yang C. Steric Sea Level Changes from Ocean Reanalyses at Global and Regional Scales. *Water*. 2019; 11(10):1987. <https://doi.org/10.3390/w11101987>

10. von Schuckmann, K., Palmer, M. D., Trenberth, K. E., Cazenave, A., Chambers, D., Champollion, N., Hansen, J., Josey, S. A., Loeb, N., Mathieu, P. P., Meyssignac, B., and Wild, M.: Earth's energy imbalance: an imperative for monitoring, *Nat. Clim.*

## Prognostic changes of sea level anomaly in XXI century based on CMIP6 model ensemble

Polina Verezemskaya <sup>[0000-0001-6415-1260]</sup>,  
Mikhail Krinitsky <sup>[0000-0001-5943-0695]</sup>

P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

E-mail: verezem@sail.msk.ru, krinitsky@sail.msk.ru

**Abstract.** The article presents the results of an assessment of the predicted changes in sea level for various points in the coastal zone of the World Ocean based on climate models for different global warming scenarios. The evaluations were conducted using data from the CMIP6 climate models (AR6 IPCC 2021). All estimates are provided for economic development scenarios ssp126, ssp245, and ssp585, representing possible trajectories ranging from aggressive to mild use of hydrocarbons in energy production. The results are presented as trends in sea-level rise estimates, accompanied by reliability assessments, calculated using data from an ensemble of 13 CMIP6 climate models. The findings can be utilized for assessing the vulnerability of coastal infrastructure to flooding at different time intervals in the 21st century.

**Keywords:** CMIP6, Ocean Surface Level, Climate Change, Flood Risk Assessment.

### Acknowledgements

This article was written with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, state assignment No. FMWE-2022-0002.

УДК 519.2:551.46:551.508.8

DOI: 10.24412/2658-6703-2023-4-21-29

EDN: LHEDEK

## Применение оценки распределения вероятностей спутниковых данных об общем балле облачности для Мирового океана

Синицын Алексей Владимирович <sup>[0000-0002-3768-1474]</sup>,  
Гулев Сергей Константинович <sup>[0000-0002-4296-5121]</sup>

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

E-mail: [sinitsyn@sail.msk.ru](mailto:sinitsyn@sail.msk.ru); [gul@sail.msk.ru](mailto:gul@sail.msk.ru)

**Аннотация.** Статья исследует применение неполной Гамма-функции для анализа спутниковых данных об общем балле облачности Мирового Океана. Используется новая облачная климатология CLARA-A ed. 3.0, исследуются сезонные распределения облачности, включая зимний период с 1979 по 2023 год. Работа демонстрирует, как неполная Гамма-функция может восстанавливать сезонное распределение облачности с ошибкой до двух окт. Особое внимание уделено анализу различий между данными визуальных наблюдений и спутниковыми данными, выявляя систематические ошибки и их влияние на точность оценки облачности.

**Ключевые слова:** облачность, Мировой океан, спутниковые данные, Гамма-функция, климатология

### 1 Введение

Одним из источников информации об общем балле облачности над Океаном, наравне с визуальными наблюдениями, являются спутниковые данные.

Определение режимов общего балла облачности над Океаном позволяет более подробно оценить энергетический баланс на границе океан атмосфера. С развитием дистанционных методов зондирования, измерения в точке все больше уходят на второй план. При этом дистанционное зондирование позволяет получать данные с больших площадей, которые могут быть и не доступны для визуальных наблюдений и с большим пространственным временным разрешением. Соответственно, алгоритмы, которые некоторое время назад использовались для данных

визуальных наблюдений и измерений в точке требуют адаптации для новых типов входных данных – спутниковых. [1].

В основу работы положена попытка применения неполной Гамма-функции плотности распределения общего балла облачности для Мирового Океана. Такой подход, на основе Гамма-функции, в оценки распределения общего бала облачности по окта был создан в ЛВОАМКИ (ИО РАН), путем глубокого анализа попутных наблюдений общего балла облачности для Мирового Океана по данным VOS [2].

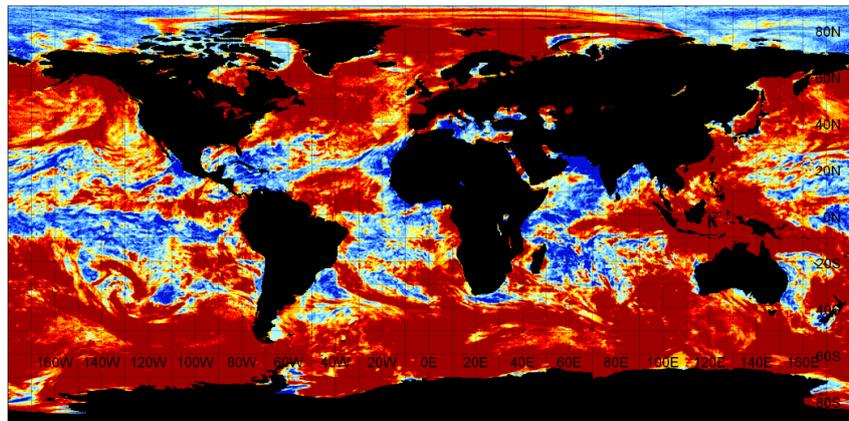
## 2 Исходные данные и их анализ

В ходе работы в качестве входных данных была использована новая облачная климатология CLARA-A ed. 3.0 (CM SAF) [3]. При этом в работе будут демонстрироваться результаты полученные для разрешения  $0.25^\circ$  и  $5^\circ$ . Первое разрешение связано с масштабом визуальных наблюдений [1], вторая величина связана с масштабом осреднения в работе [2] для данных VOS. Так же необходимо отметить, что результаты все приводятся для зимнего сезона (январь-февраль-март), так как на момент расчетов это позволяло наиболее полно использовать спутниковые данные до 2023 года. Результаты для летнего сезона аналогичны с учетом сезонного смещения режимов общего балла облачности.

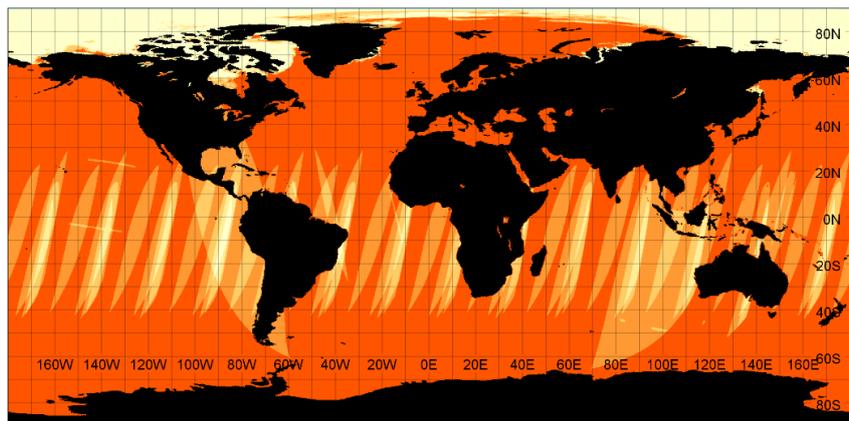
**Таблица 1.** Спутниковые данные, предоставленные EUMETSAT's Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CM SAF)

	<b>CFC - Fractional cloud cover/ CLARA-A ed. 3</b>
<b>Период</b>	1979-01-01 – 2023-06-30
<b>Покрытие</b>	90.0° ю.ш. - 90.0° с.ш. 180.0° в.д. - 180.0° з.д.
<b>Временное разрешение</b>	Среднесуточные
<b>Пространственное разрешение</b>	от $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ до $7.5^\circ \times 7.5^\circ$ Пространственное осреднение $5^\circ$
<b>Инструментарий</b>	AVHRR на полярно орбитальных спутниках

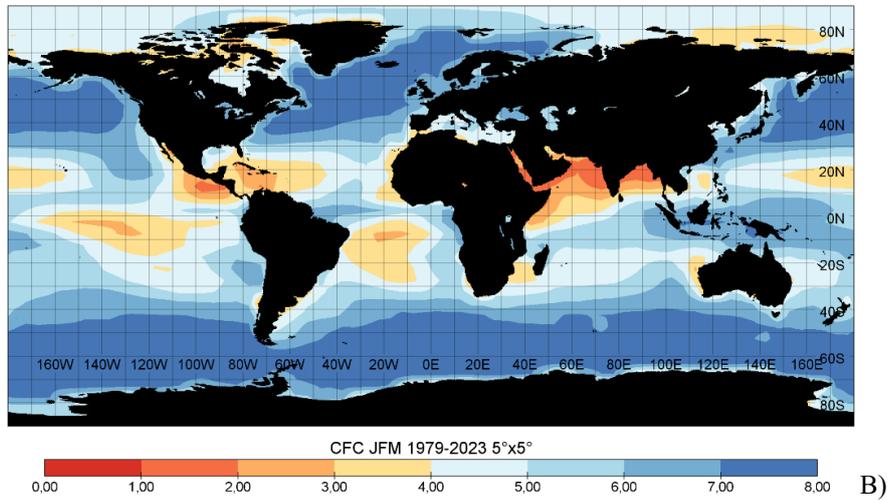
На основе данных об облачности были рассчитаны основные характеристики неполной Гамма-функции для сезонных распределений общего балла облачности в зависимости от пространственного разрешения данных. В качестве ориентира (эталона), нами использовалась работа о вероятностных характеристиках распределения общего балла облачности для Мирового Океана по данным VOS [2].



А)

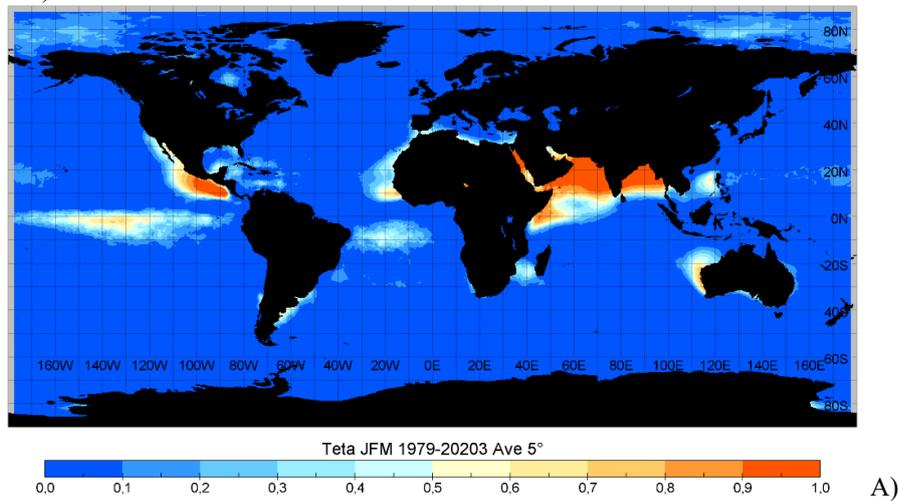


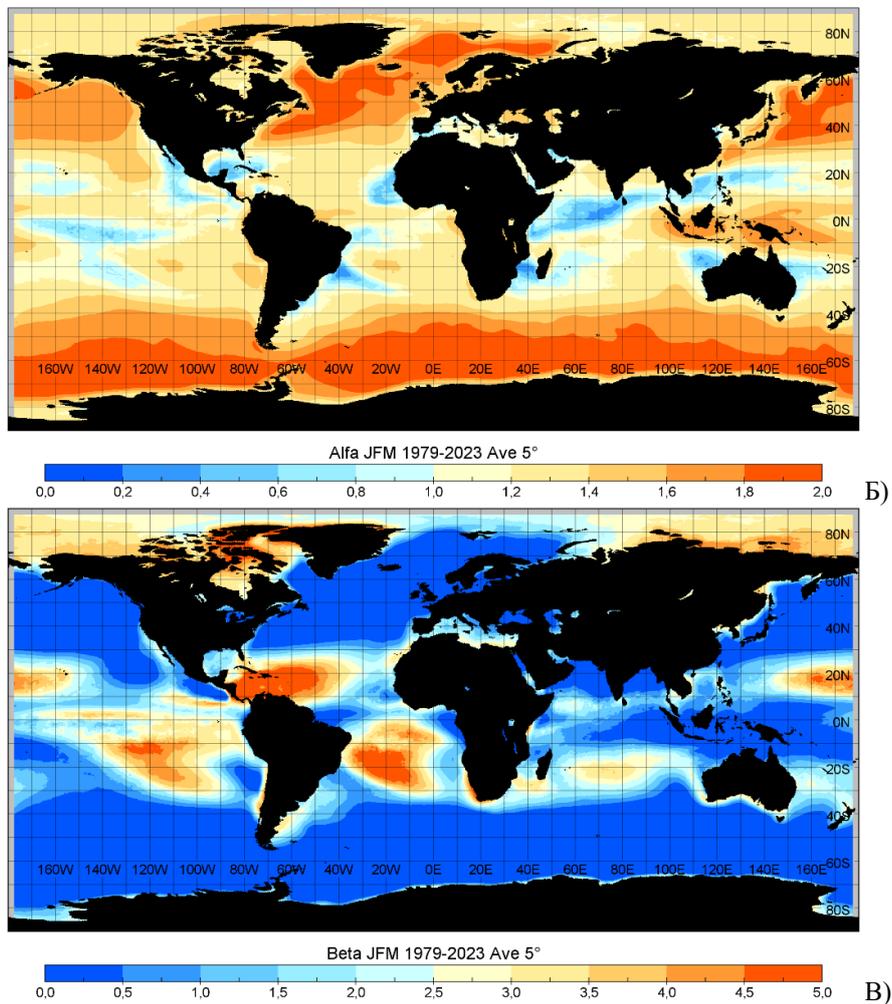
Б)



**Рис. 1.** Представлены спутниковые данные об общем балл облачности в % (А). Данные о количестве наблюдений для среднесуточных величин общего балла облачности (Б). Средние величины общего балла облачности в период 1979-2023 для зим в окта.

Далее были полученные величины основных характеристик для расчета неполной Гамма-функции. И построены их распределения, которые хорошо согласуются с аналогичными характеристиками, полученными по данным VOS (рис.2).





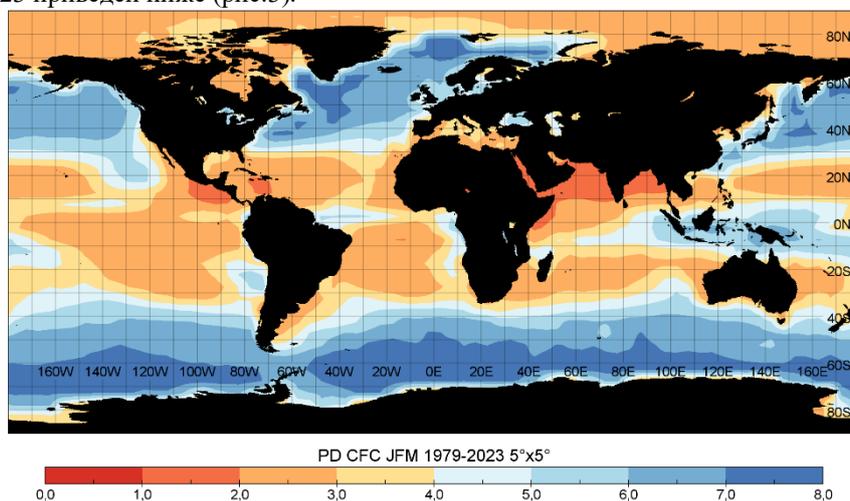
**Рис. 2.** Основные характеристики неполной Гамма-функции на для зим 1979-2023 для пространственного 5° осреднения. А – Teta, Б – Alfa, В – Beta.

Значение параметра Teta лежат в области от 0 до 1 включительно. Так область максимального значения, равного 1, лежит северной части Индийского океана, Аденского залива и Красного моря, западное побережье Австралии, экваториальной зоне Тихого океана, западное побережье Латинской Америки, тропическая зона западного побережья Африки. Такие значения, в силу методики расчета данного параметра, совпадают с областями низких значений общего балла облачности. Область, где значение Teta равна 0, это области, где режим безоблачного неба не наблюдается совсем, для всех наблюдений.

Параметра Alfa в наших расчетах не превышал 2, максимальные значения этого параметра наблюдались в зоне Южного Океана, Западной части Атлантического и Тихих Океанов. Эти области связаны общим баллом облачности близки к сплошной.

Параметра Beta в наших расчетах не превышал 5, максимальные значения этого параметра наблюдались в центральных зонах Океанов, где облачность характеризуется средними величинами Общего балла облачности. Минимальное значение Beta характерно для районов с общим баллом облачности близким к сплошной.

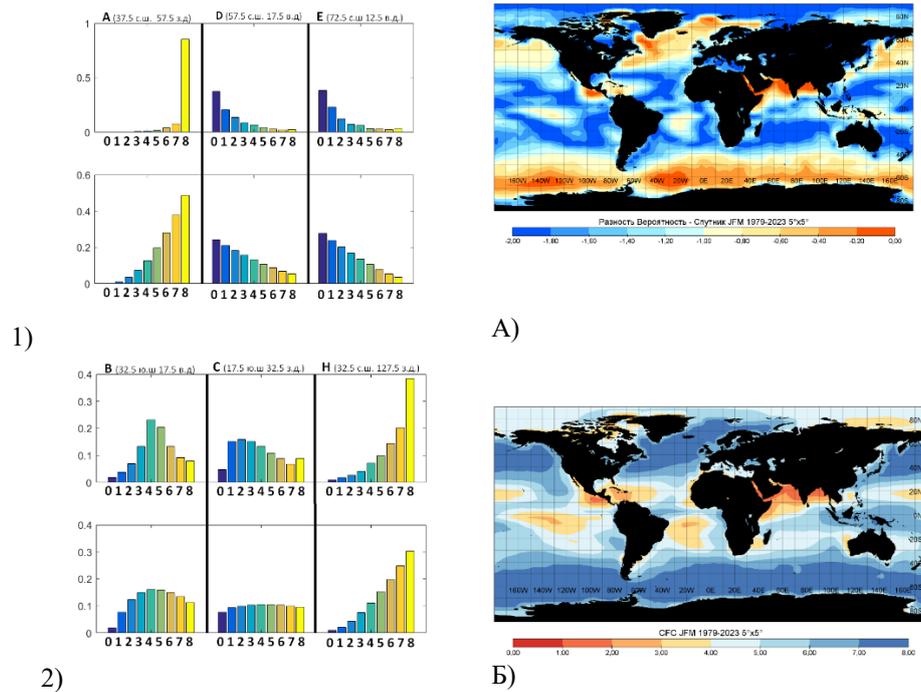
Так как неполной Гамма-функцией мы описываем плотности распределения сезонного общего балла облачности, то мы попытались восстановить сезонное распределение общего балла облачности и сравнить со спутниковыми данными. Результат сравнения для различных пространственных масштабов для зим 1979-2023 приведен ниже (рис.3).



**Рис. 3.** Восстановленное распределение Общего балла облачности в окта для зим 1979-2023 гг.

Для всего восстановленного (обратно моделированного) массива общего балла облачности характерно занижение значений до 2 окта в зависимости от района и режима облачности. Занижение до 1 окта характерно для районов со средним общим баллом облачности близким к сплошной облачности, например район п-ва Лабрадор, или наоборот - чистое небо, например район Аравийского п-ва, западное побережье Индостана, (рисунок 4, точки А, D и E соответственно). Занижение в расчётах от 1 окта до 2 окта характерно для районов, где облачность может принимать все возможные вероятности распределения по окта, например юго-западная оконечность Африки, р-н Сомалийского отрога, западное побережье США (рисунок 4, точки В, С и Н соответственно).

При этом распределение на основе неполной Гамма-функции лишь генерально повторяет вид распределения облачности по окта для спутниковых данных.



**Рис. 4.** А) Разность между общим баллом облачности, восстановленным из неполной Гамма-функции и спутниковыми данными на для зим 1979-2023гг. Б) Распределение среднего балла общей облачности для зим 1979-2023гг. 1) Гистограммы распределения общего балла облачности для т.А, D, E, верхний ряд спутниковые данные, нижний восстановленное распределение. 2) Гистограммы распределения общего балла облачности для т.В, С, Н, верхний ряд спутниковые данные, нижний восстановленное распределение.

### 3 Заключение и выводы

В случае спутниковых данных об общем балле облачности функция распределения на основе неполной Гамма-функции позволяет восстановить распределение общего балла облачности с ошибкой значений до 2-х окта в зависимости от режима облачности.

При пространственном осреднении данных об общем балле облачности с  $0,25^\circ$  до  $5^\circ$  частично улучшает согласование спутниковых данных и вероятностного подхода к их моделированию.

Причина такого рассогласования лежит в том, что в отличие от данных VOS, в спутниковых данных сохраняются случаи сингулярного распределения облачности по окта, когда плотность вероятности одной из окта на порядок превосходит сумму плотностей остальных окта. Применение неполной Гамма-функции не позволяет построить резкое изменение плотности вероятности при переходе от одной категории окта к другой. Тем самым накапливаются систематические ошибки в расчете общего балла облачности (рис.4.1 и 4.2).

#### Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение № 075-15-2021-1398 (13.2251.21.0120), (уникальный идентификатор RF-2251.61321X0014)

В работе используются данные предоставленные EUMETSAT's Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CM SAF).

#### Литература

1. Сеницын А. В., Гулев С. К. Сравнение натурных и спутниковых данных об общем балле облачности для Атлантического океана в период 2004–2014 гг // Океанология. – 2022. – Т. 62, № 1. – С. 5-13. DOI 10.31857/S0030157422010142.
2. Aleksandrova M., Gulev S.K., Belyaev K.P. Probability distribution for the visually observed fractional cloud cover over the ocean // J. Climate. 2018. V. 31. P. 3207–3232. DOI: 10.1175/JCLI-D-17-0317.1.
3. Karlsson, Karl-Göran; Riihelä, Aku; Trentmann, Jörg; Stengel, Martin; Solodovnik, Irina; Meirink, Jan Fokke; Devasthale, Abhay; Jääskeläinen, Emmihenna; Kallio-Myers, Viivi; Eliasson, Salomon; Benas, Nikos; Johansson, Erik; Stein, Diana; Finkensieper, Stephan; Håkansson, Nina; Akkermans, Tom; Clerbaux, Nicolas; Selbach, Nathalie; Schröder, Marc; Hollmann, Rainer (2023): CLARA-A3: CM SAF cLoud, Albedo and surface RAdiation dataset from AVHRR data - Edition 3, Satellite Application Facility on Climate Monitoring. DOI:10.5676/EUM\_SAF\_CM/CLARA\_AVHRR/V003

## References

1. Sinitsyn A.V., Gulev S.K. Comparison of field and satellite data on the total cloudiness score for the Atlantic Ocean in the period 2004–2014 // *Oceanology*. – 2022. – Т. 62, No. 1. – P. 5–13. DOI 10.31857/S0030157422010142.
2. Aleksandrova M., Gulev S.K., Belyaev K.P. Probability distribution for the visually observed fractional cloud cover over the ocean // *J. Climate*. 2018. V. 31. P. 3207–3232. DOI: 10.1175/JCLI-D-17-0317.1.
3. Karlsson, Karl-Göran; Riihelä, Aku; Trentmann, Jörg; Stengel, Martin; Solodovnik, Irina; Meirink, Jan Fokke; Devasthale, Abhay; Jääskeläinen, Emmihenna; Kallio-Myers, Viivi; Eliasson, Salomon; Benas, Nikos; Johansson, Erik; Stein, Diana; Finkensieper, Stephan; Håkansson, Nina; Akkermans, Tom; Clerbaux, Nicolas; Selbach, Nathalie; Schröder, Marc; Hollmann, Rainer (2023): CLARA-A3: CM SAF cLoud, Albedo and surface RAdiation dataset from AVHRR data - Edition 3, Satellite Application Facility on Climate Monitoring. DOI:10.5676/EUM\_SAF\_CM/CLARA\_AVHRR/V003

## Application of Probability Distribution Assessment for Satellite Data on Total Cloud Cover for the World Ocean

Alexey Sinitsyn <sup>[0000-0002-3768-1474]</sup>, Sergey Gulev <sup>[0000-0002-4296-5121]</sup>

P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Email: sinitsyn@sail.msk.ru; gul@sail.msk.ru

**Abstract.** The article explores the use of the incomplete Gamma function for analyzing satellite data on the total cloud cover of the World Ocean. The new cloud climatology CLARA-A ed. 3.0 is used, examining seasonal distributions of cloudiness, including the winter period from 1979 to 2023. The work demonstrates how the incomplete Gamma function can restore the seasonal distribution of cloudiness with an error of up to two octas. Special attention is given to analyzing the differences between visual observation data and satellite data, revealing systematic errors and their impact on the accuracy of cloud cover estimation.

**Keywords:** cloudiness, World Ocean, satellite data, Gamma function, climatology

## Acknowledgements

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Agreement No. 075-15-2021-1398 (13.2251.21.0120), (unique identifier RF-2251.61321X0014). The study utilizes data provided by EUMETSAT's Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CM SAF).

УДК 621.311

DOI: 10.24412/2658-6703-2023-4-30-47

EDN: MFAWKR

## Поэтика автора плана ГОЭЛРО (как поэзия помогла Глебу Кржижановскому электрифицировать Советскую Россию)

Холкин Дмитрий Владимирович <sup>[0009-0005-5126-9135]</sup>

АНО «Центр энергетических систем будущего «Энерджинет», г. Москва, Россия

E-mail: dvh@internetofenergy.ru

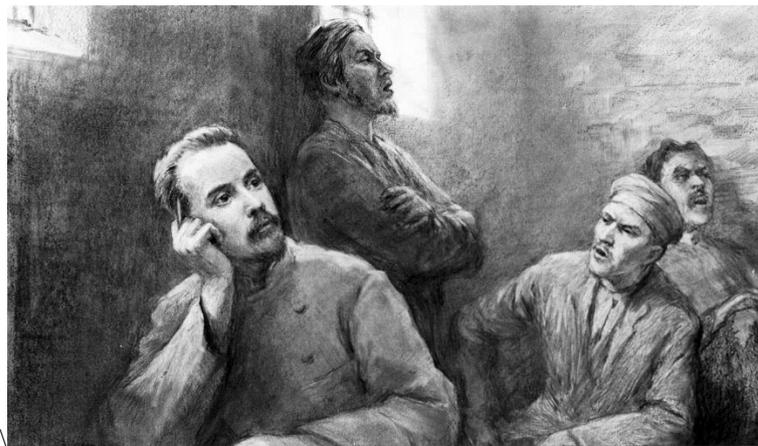
**Аннотация.** Статья исследует взаимосвязь поэтического творчества и научной деятельности Глеба Кржижановского, ключевой фигуры в истории электрификации Советской России. Автор статьи рассматривает необычный жизненный путь Кржижановского, начиная с его ранних поэтических стремлений и вплоть до его вклада в развитие электроэнергетики и промышленности в СССР. Статья подчеркивает, как поэзия, начиная с раннего возраста и пронизывая всю его жизнь, сформировала у Кржижановского уникальный взгляд на мир, который впоследствии помог ему разработать и реализовать амбициозный план ГОЭЛРО. Автор аргументирует, что поэтический взгляд Кржижановского на мир играл ключевую роль в его понимании и применении научных и инженерных знаний для решения практических задач, особенно в области электрификации. Статья также освещает влияние революционных идей на творчество и научную деятельность Кржижановского, подчеркивая его роль как поэта и инженера в формировании нового социалистического общества.

**Ключевые слова:** Глеб Кржижановский, поэзия, электрификация, план ГОЭЛРО, Советская наука и промышленность.

### 1 Введение

*Настал день нашей отправки в Сибирь. Мы поставили к двери камеры Абрамовича, обладавшего необычайной физической силой, стали в круг и запели: «Вихри враждебные веют над нами...» Звуки могучей песни огласили здание Бутырской тюрьмы. Надзиратели бросились к нашей камере, пытаясь открыть дверь, но не смогли сломить железную силу нашего стража (Абрамовича)...*

Так вспоминал о боевом крещении русской "Варшавянки" автор ее перевода Глеб Максимилианович Кржижановский. В моей голове никак не укладывается, что лидер программы электрификации Советской России и автор перевода, наверное, самой известной революционной песни, одно и то же лицо. Вы об этом знали? Я – нет. Более того, оказывается, что Кржижановский всю жизнь писал стихи. Он мог бы стать поэтом, правда, не самым выдающимся на фоне поэтических вершин Серебряного века. Однако судьба распорядилась иначе, он стал тем, кем стал.



**Рис. 1.** Глеб Кржижановский в Бутырке пишет русский текст «Варшавянки». Источник РИА Новости

И все же, меня этот поэтический эпизод в жизни Кржижановского заинтересовал, и я стал изучать его биографию, выуживая из нее факты «встреч» с музами стихосложения. Их оказалось великое множество - Глеб Максимилианович написал немало стихов, а В.И. Ленин даже называл его «друг-поэт». Еще я прочитал некоторые профессиональные публикации Кржижановского и нашел их весьма поэтичными. И мне стало казаться, что не будь в его жизни поэзии, не случилось бы в нашей стране программы ГОЭЛРО. Но обо все по порядку.

## 2 Раскрытие красоты мира

Летом 1885 года от самарской пристани отчалил пароход, который назывался то ли «Мечта», то ли «Судьба». Пароход был выкрашен светло-розовой краской и сильно кренился на правый бок, что придавало ему залихватский вид. Семья Кржижановских – Эльвира Эрнестовна и ее дети Глеб и Антонина (их отец, Максимилиан Николаевич из-за скоротечной чахотки уже к тому времени ушел в мир иной) – отправились на летний отдых в поселок Большая Царевщина. Этот корабль судьбы привез Глеба к «месту силы», где он познал прозу простой жизни и поэзию бесконечно сложного неба.

Здесь в окружении прекрасных волжских пейзажей романтичный, взрослеющий юноша начал писать стихи. И не удивительно, ведь естественная красота природы, бескрайние просторы, спокойное и мощное течение реки как лучшие творения провидения, питали его первый поэтический опыт.

Недалеко от поселка расположен окутанный легендами и былями Царев курган. Его Глеб многократно посещал один или со сверстниками. Вокруг кургана образована подкова из слияния двух рек, Волги и Сока, на противоположной стороне - величественный бор с озерами. С вершины кургана открывался замечательный вид. По преданиям Тамерлан со своим войском в течение 28 дней отмечал на нем свою победу над Тохтамышем, покрыв курган золотой парчой. Стенька Разин облюбовал это место для венчания с княжной, и даже клад где-то здесь закопал. Пётр Первый, в ходе Азовского похода, посетил это место и собственноручно поставил крест на вершине кургана.

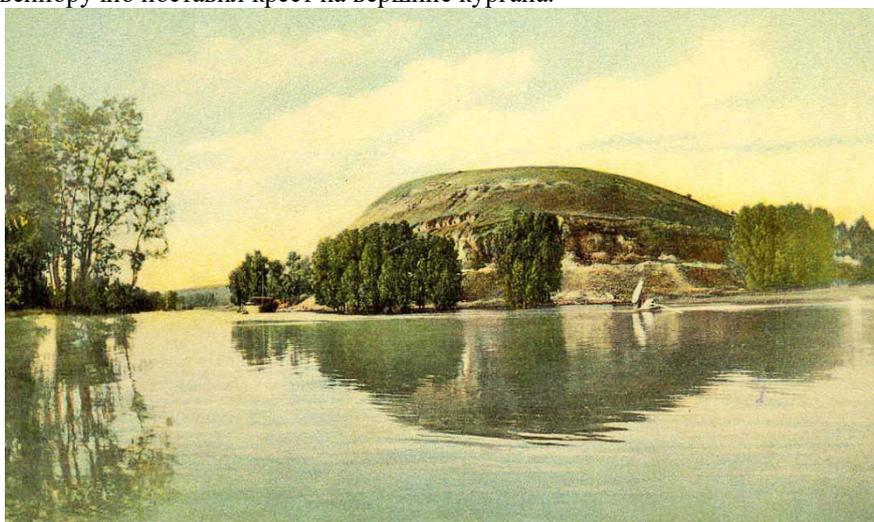


Рис. 2. Царев курган. С открытки начала XX века

Темами первых стихов Глеба была красота природы и служение Родине – «Тому, кто здесь рожден, / не оторваться / от этих милых сердцу берегов ...». Вернувшись в Самару, он прочел свои патриотические стихи друзьям, те рассказали директору училища и вот уже «реалист» Кржижановский становится популярным городским поэтом, которого даже губернатор Александр Свербеев, славящийся как «просвещенный консерватор», приглашает к себе в дом. Вероятно, на званных вечерах губернатора Глеб декламировал свое творчество перед цветом городского общества.

*Вдохнови же меня – ты, о Родина-мать!  
Одари меня чувством свободным,  
Чтобы в сердце людском мне сочувствие сыскать –  
И поэтом быть чисто народным.*

По завершению реального училища на семейном совете, куда с отроческих лет Глеб тоже входил, решено было избрать для него инженерную судьбу. Россия вступала в пору, когда инженер становился в обществе видной и важной фигурой. Карьера инженера сулила удовлетворение Глебу, пользу обществу и материальное процветание семье. Для продолжения образования решено было ехать в Северную столицу.

Он и в Санкт-Петербурге продолжил писать стихи. Однако здесь произошел глубокий перелом в его мировоззрении. Обилие увиденных им в витринах и лавках поэтических книг, альбомов, альманахов убедили Глеба окончательно расстаться с мечтой о поэтической карьере. То, что в Самаре казалось первоклассным, то, что привлекало внимание, восхищало, трогало, пленяло совершенством формы, здесь оказалось поэзией-золушкой, никому не интересной, никому не нужной. Глеб решил писать для себя, для близких друзей, принял поэзию как украшение жизни, но не как средство самоутверждения.

Уже не колеблясь, Кржижановский сдал вступительные экзамены, кстати на высшие баллы, и поступил в Технологический институт. Он устремился было на всех парах в промышленное будущее. Однако, в судьбу Глеба ворвалась революция, которая лучше резонировала в его поэтической душе.

Технологический институт среди других учебных заведений России имел дурную славу самого ненадежного, самого крамольного. По мнению старшего товарища Глеба по институту, а в будущем руководителя партийной боевой технической группы, организатора самых громких экспроприаций, топ-менеджера немецкой компании «Сименс», наркома по торговле и промышленности, полпреда Советской России в Великобритании и Франции Леонида Красина инженерное дело по своей сути имеет революционную природу. Он объяснял Кржижановскому:

*«Сравни нас и университетских, они по смыслу своего обучения и своей работы индивидуалисты. Они разъединены уже теми предметами, которые изучают. Теперь посмотри на нас, на нашу массу, все в форме, сидим плечом к плечу, локоть к локтю в чертежных, работаем рука к руке в мастерских. Наши проекты не отделены один от другого. Один делает котел, другой топку, третий механическую часть, пятый – подвеску колес, шестой – черт там знает что. А вместе получается паровоз. Мы, как и рабочие, объединены самим нашим трудом, мы по своему существу принадлежим новому времени, новому веку, новому обществу».*

Глеб начал изучать марксистскую литературу, стал общаться со студентами, придерживающимися крайне левых политических взглядов. Быстро перешел к действию, уже со второго семестра стал активно участвовать в студенческом движении, выступал на сходках, организовывал маевки. Тогда он получил первый опыт публичных выступлений и понял, что его литературно-поэтические занятия позволяют найти образные и доходчивые слова, отзывающиеся у слушателей, он уловил архитектуру политических речей.

Глебу Кржижановскому было 19 лет, когда в 1891 году он вступил в марксистский кружок, занимающийся пропагандой социал-демократических идей в студенческой и рабочей среде. Он начинает вести занятия с рабочими по изучению

"Капитала" Карла Маркса. Спустя пятьдесят лет он напишет стихи о своих переживаниях и мыслях во время пути на первое такое занятие:

*Трак Шлиссельбургский, уютный, серый,*

*Пронизанный сырой, холодной мглой...*

*Шумлив его паровичок не в меру -*

*Сигналь, сигналь - идем мы в правый бой!..*

Осенью 1893 года в марксистском кружке появляется Владимир Ульянов (псевдоним Ленин он стали использовать позже). По воспоминаниям Кржижановского это событие можно было сравнить с животворным по своим последствиям грозвым разрядом. Он писал: «С этого момента для нас началась новая жизнь...».

Они организуют «Союз борьбы за освобождение рабочего класса», который координирует работу и развитие сети марксистских кружков. Глеб активно вел занятия для рабочих, распространял нелегальную литературу, помогал Ульянову в подготовке издания газеты «Рабочее дело».



**Рис. 3.** Члены Санкт-Петербургского "Союза за освобождение рабочего класса" в феврале 1897 года перед отправкой в сибирскую ссылку. В.И.Ульянов (Ленин) в центре, Г.М.Кржижановский по правую руку от него

Говорят, что в жизни лидера русской социалистической революции и первого руководителя советского правительства Владимира Ульянова (Ленина) было всего два человека из числа соратников, к которым он обращался на ты, не считая Надежды Крупской и Инессы Арманд, – это Юлий Мартов и Глеб Кржижановский. На знаменитой фотографии членов «Союза за освобождение» они сидят по левую и правую руку Ленина соответственно. Тот, что справа от Владимира Ильича оставался ему предан всю жизнь и еще 35 лет после его смерти.

Не удовлетворяясь пропагандой марксистских идей, Владимир Ульянов считал необходимым переходить к агитации среди рабочих. Пробные листовки, разбросанные на территории Семьяниковского завода, оказались действенными, их подняли рабочие, прочитали, распространили, читали вслух в уголках цехов. Это было успехом. При подготовке новой листовки Кржижановский с Ульяновым решили написать два альтернативных варианта. Владимир быстро написал свой текст. А Глеб завозился со своей версией, он старался писать образно, используя простонародные слова:

*...грусть-то грустью, а работа — работой. Работаем мы всю жизнь на капиталистов, поработаемте-ка на себя. Знаете, есть такая игрушка: надавишь пружину, и выскочит солдат с саблей. Так оно и вышло и на Семьяниковском заводе, так будет выходить везде: заводчики и заводские прихвостни — это пружина: подавишь ее разок, и появятся те куклы, которых она приводит в движение: прокуроры, полиция и жандармы. Это надо записать каждому рабочему в своем мозгу...*

Стали сравнивать. Ульянову листок Глеба очень понравился. «Твой текст лучше. У тебя - настоящая драма» - сказал он. Кржижановский посмотрел на Владимира с сомнением, стараясь убедиться — не шутит ли? Ему листок Ульянова понравился гораздо больше, он был прост и лаконичен. Глеб пробовал убедить его, но тот стоял на своем. Дома он еще раз внимательно перечитал текст, подумал: «Может быть, и в самом деле неплохая листовка?»

Поэзия как форма раскрытия красоты мира в жизни Кржижановского окончательно спаялась с революцией, стала в его руках рабочим инструментом, а в душе - ее выражением.

### 3 Поиск истины

В это вечер 8 декабря 1895 года, привычно, деловито «освобождаясь» от очередного «хвоста», Глеб вдруг увидел, что рядом и чуть сзади уже следует другой, такой же незаметный, внимательный, быстрый человек. Он ушел и от этого филера. Проходя двором к дому, заметил за деревьями заметавшиеся тени. Глебу стало понятно, что его «обложили» со всех сторон. Ночью его арестовали. Также были арестованы Ульянов и другие товарищи по «Союзу борьбы». В докладной записке царю Министр внутренних дел писал: «Принимая во внимание, что за последние месяцы кружок стал проявлять особо энергическую деятельность ... признано было своевременным приступить к обыскам и арестам названного кружка».

С 1895 по 1897 год Кржижановский находился в предварительном заключении в Петербурге, потом - в пересыльных тюрьмах Москвы. Собственно, во время заключения в Бутырской тюрьме Кржижановский и написал русский текст революционной песни «Варшавянка». На это его сподвигли несколько польских рабочих, находившихся в одной с ним камере и прекрасно исполнявших эту песню на родном языке. Исходный текст песни был написан политическим деятелем Вацлавом Свеницким. Кржижановский опирался на подстрочный перевод. Слова

ему не очень понравились — в песне было много мелкого, «шляхетского», несозвучного теперешнему этапу революционного движения. Глеб решил существенно переработать текст, придав ему актуальность.

*Вихри враждебные веют над нами,  
Тёмные силы нас злобно гнетут.  
В бой роковой мы вступили с врагами,  
Нас ещё судьбы безвестные ждут.  
Но мы подыдем гордо и смело  
Знамя борьбы за рабочее дело,  
Знамя великой борьбы всех народов  
За лучший мир, за святую свободу.*

Авторство Кржижановского этого текста условное, но поскольку оно ему было близко мировоззренчески, художественно-эстетически и стилистически, то на его материал открываются идеи, которые волновали Глеба Максимилиановича. Можно выделить следующие структурные элементы, присущие поэтике «Варшавянки»:

1. осознание необходимости **революционного действия** против превосходящих сил («Вихри враждебные веют над нами, \ \ Тёмные силы нас злобно гнетут»);
2. стремление к **освобождению** как условию становления лучшего мира («За лучший мир, за святую свободу»);
3. подчинение себя общему делу, жертвенное **служение** обществу («В битве великой не сгинут бесследно \ \ Павшие с честью во имя идей»).

Эти же структурные элементы проходят красной нитью и в текстах, которые в полной мере принадлежат перу Кржижановского, и не только в поэтических. Но для того, чтобы поэтические образы выкристаллизовались в ясные и убедительные истины, потребовалось еще много времени размышлений, горячих споров и практических действий. Найти идейный фундамент для дальнейших свершений Кржижановскому помогла сибирская ссылка.

Глеб на три года был сослан в Восточную Сибирь. Здесь он основательно, до тонкостей изучал произведения Маркса и Энгельса, в рукописях читал работы Владимира Ульянова, участвовал во встречах с социал-демократами, также пребывавшими в сибирской ссылке. Он продолжал свои опыты в изящной словесности, написал множество стихов, песен и рассказов. Однажды он отважился направить один рассказ писателю Владимиру Галактионовичу Короленко на отзыв и совет. Ответ пришел одобрительный. Маститый писатель ответил, что у автора несомненное дарование, что он может заражать читателей своим настроением, отметил, что Глеб силен в пафосе, в страсти, в борьбе.

Однако Кржижановский, осознавая в себе подъем духовных сил, очередной раз отказывается от писательской карьеры, он пишет друзьям, что «ни книги, ни писательство ни на йоту не могут удовлетворить меня по самому свойству моей природы». Он все чаще возвращается к идее инженерной деятельности: «Жизнь, милый друже, не поэзия, а лаборатория будущего, наша задача — быть честными, сведущими химиками...».



**Рис. 4.** Ленин играет в шахматы в селе Шушенском с Лепешинским П.Н., Старковым В.В. и Кржижановским Г.М. (1895 г.) Художник: Соколов М. Г.

Время от времени Глебу удастся встречаться с Владимиром Ульяновым. Они много общаются, играют в шахматы, гуляют по окрестностям и думают о будущем. Владимир неожиданно поддерживает тягу Глеба к инженерии:

*«Теперь я думаю, что занятия наукой, техникой идут только на пользу революции. Ты инженер широкого профиля. Займись инженерным делом, устройся, например, на железную дорогу. Этим ты послужишь и революции».*

Как-то они обсуждали книгу Каутского «Аграрный вопрос». Ульянов отметил, что электричеству, возможно, суждено сыграть в развитии общества еще большую роль, чем пару. Этому способствуют такие качества электричества, как легкость разделения мощности на части, возможность передачи электроэнергии на дальние расстояния, удобство электродвигателей по сравнению с паровыми. Глеб, развивая эту мысль, утверждал, что применение электричества может революционизировать деревню и технически, и политически. Электрификация приведет к укрупнению хозяйств, к усугублению эксплуатации уже чисто капиталистического толка. Но впоследствии укрупнение электрических установок, считал Глеб, может ускорить и переход к иным видам собственности, переход к кооперации. Они долго еще разгоняли эту тему. Но, чтобы разобраться в деталях им не хватало инженерных знаний.

Все, решено! Он должен быть именно инженером: во-первых, потому, что это дело ему нравится, хотя нельзя сказать, чтобы он уже сейчас нашел себя в нем. Во-вторых, инженер — это социальная позиция, это прикрытие для революционной деятельности, это выход на новые, влиятельные круги. В-третьих, и это немаловажно, инженерам неплохо платят, а партии нужны средства.

После ссылки Кржижановский начинает работать на железной дороге, но мысли об электричестве и его роли в создании справедливого общества Глеба не оставляют. В 1901 году он оказывается в Мюнхене. Проезжая на трамвае через

весь город, он поражается громадному количеству зданий с трубами. Эти здания не могли быть ничем иным, как электростанциями. Каждый хозяин строил станцию для своего предприятия, опережая конкурентов. Глеб ликовал: «Вот одно из противоречий капитализма!» Приходящее на смену пару электричество, чтобы быть рационально использованным, должно создаваться, распределяться и потребляться централизованно, оно требует объединения, кооперации. Здесь же каждый тянет в свою сторону, строя станцию себе по силам, и почти всегда неэкономичную, маленькую.

В душе Кржижановского поэтическое восприятие мира, и связанная с этим революционная энергия, встретились с ясной идеей - «век пара — век буржуазии, век электричества — век социализма». Это открытие каждый день находило все большие подтверждения, набирало все большую силу убедительности, оно родило у Глеба непреодолимое желание воплотить электрический социализм в действительности.

#### 4 Воплощение блага

Путевку в электроэнергетику Кржижановский получил вынужденно, можно сказать случайно. В 1906 году из-за революционной деятельности ему было запрещено работать на железной дороге, где он добился достаточно высоких должностей. Он вернулся к литературной работе – трудился в нескольких изданиях социал-демократического толка - и к химии – занимался кустарным производством взрывчатки для будущего вооруженного восстания в Петербурге.

Как-то Леонид Красин с Глебом Кржижановским возвращались из Сестрорецка, где у них была подпольная химическая лаборатория. Между ним завязался такой разговор:

— Глебася, ты что-то у нас поистаскался, поистрепался, видно, литература сейчас кормилица плохая! Нужно бы тебе и для прикрытия, и для денег, и для полноты жизненной взять какую-нибудь инженерную работенку.

— Да какой же дурак даст? Дорожка закрыта. Ходит птичка весело по тропинке бедствий, не предвидя от сего никаких последствий. А последствия — вот они! Не быть мне инженером, не быть мне крупным политиком, не быть мне литератором, не быть мне и поэтом. Кем же быть?

— Стой, не спеши, есть одна тонкость. «Общество электрического освещения 1886 года», где я работаю, ведь немецкое?

— Еще какое немецкое.

— Но немцев твоя благонадежность, наверное, волнует слабо, как ты думаешь? Они ведь сами формируют штат, жандармов не спрашивают?

— Понял. Но я-то не электрик! Я — революционер-химик, поэт, машинист, литератор, инженер-технолог, но никак не электрик!

— Ты у нас способный. Научись. Возьмем тебя, конечно, не руководителем, а кем бы? Ну, скажем, монтером. Сможешь концы сплестивать?

— Чего, чего?

— Ну ладно, разберешься.

Глеб устроился электриком в «Общество электрического освещения 1886 года». Нужно было ему приобретать еще одну профессию. Он, теперь уже электрик-кабельщик, усердно учился соединять — «сплесневывать» — концы кабелей, узнал опасную начинку трансформаторных будок, начал вникать в суть тонкой и сложной электромеханической работы.

Новую работу Кржижановский продолжал совмещать с революционной деятельностью. Ему приходилось не один раз прятать в трансформаторных будках нелегальные большевистские издания. Был период времени, когда там хранились перевязанные пачки пятисотрублевки. Это были те самые деньги, которые по заданию партии были экспроприированы в Тифлисе беззаветно храбрым Камо, Красин был душой и сердцем этой операции, а Кржижановский исполнял роль хранителя партийной кассы.

Глеб так хорошо разобрался в новом деле, что скоро стал главой кабельной сети Васильевского острова. Он стал писать рефераты и статьи по теме электричества, читать лекции. Практическая работа и ее теоретическое осмысление позволяли все более укрепиться в своей старой идее, в ценности централизации энергоснабжения для дела революции. Причем появилась возможность эту идею реализовывать не в отдаленном будущем, а здесь и сейчас.



**Рис. 5.** Региональный директор «Общества электрического освещения 1886 г.» Р.Э. Классон (крайний справа) на болоте "Электропередачи" со своими сотрудниками (1915 год): справа налево В.В. Старков, Г.М. Кржижановский, И.И. Радченко, А.В. Вингер, Э.Р. Ульман и В.Д. Кирпичников

По мнению начальства уровень Глеба стал настолько высок, что его переводят на место заведующего кабельной сетью белокаменной столицы. Здесь ему удалось в команде с сильнейшими инженерами технически реализовать свои идеи.

Сначала решено было перевести кабельное хозяйство Москвы на 6 тысяч вольт — при этом напряжении потери передачи сокращались почти вдесятеро и почти во столько же раз раздвигались возможные радиусы воздействия «электрического спрута» на Раушской набережной. А потом появилась идея строительства первой в России районной электроцентрали — электростанции на торфе «Электропередача». Кржижановский участвовал в проектировании и строительстве этой станции, находящейся в Подмоскowie, впоследствии до 1922 года был её руководителем. 13 августа 1915 года новая электростанция «Электропередача» и электростанция «Общества» на Раушской набережной впервые заработали на одну сеть: зародилась электроэнергетическая система Москвы. Это событие стало первым знаковым шагом на пути к программе электрификации страны, к инфраструктуре нового общественного порядка. Следующие шаги удалось сделать только после революции.

В начале 1920 года в России еще полным ходом идет гражданская война, тут и там бунтуют недовольные продразверсткой крестьянские районы, всюду царит разруха, экономика находится в плачевном состоянии. Правительство ищет пути восстановления и развития хозяйственной системы. Глеб Максимилианович Кржижановский пишет статью «Задачи электрификации промышленности», которую передает прочитать Председателю Правительства Владимиру Ильичу Ленину.

23 января, поздно вечером из Кремля к дому Кржижановских прибывает курьер на мотоцикле. Передает лично в руки записку. Глеб Максимилианович нетерпеливо ее читает, освещая текст свечой, электричества в эти дни часто не было даже в Кремле. Видно, что Ленин – автор записки – возбужден от раскрывшейся в статье перспективы, большими мазками он набрасывает проектное задание на то, что потом стало планом ГОЭЛРО.

*«Я думаю, подобный «план» – повторяю, не технический, а государственный – проект плана, Вы бы могли дать. Его надо дать сейчас, чтобы наглядно, популярно, для массы увлечь ясной и яркой (вполне научной в основе) перспективой: за работу-де, и в 10–20 лет мы Россию всю, и промышленную, и земледельческую, сделаем электрической. Доработаемся до столько-то (тысяч или миллионов лошадиных сил или киловатт?? черт его знает) машинных рабов и проч. Если бы еще примерную карту России с центрами и кругами? или этого еще нельзя? Повторяю, надо увлечь массу рабочих и сознательных крестьян великой программой на 10–20 лет».*

По мнению Ленина в выкладках Кржижановского научной основы достаточно. Нужен деятельный план. И не просто перечень мероприятий, сроков и ответственных, а документ, который сможет увлечь массы. Уже в феврале создается Государственная комиссия по электрификации России (ГОЭЛРО), куда входят лучшие инженеры и ученые, а Кржижановский назначается ее председателем. И Глеб Максимилианович берется за эту задачу со всем своим поэтическим пылом и талантом. Опыт стихосложения позволил ему не только добиться яркости и об-

разности в выражении основных идей плана ГОЭЛРО, но и подсказал сами фундаментальные идеи, которые делали программу электрификации ключевым механизмом создания «лучшего мира».



Рис. 6. Заседание комиссии ГОЭЛРО, 1920 год

Соотнося структурные элементы из поэтических текстов Кржижановского с философской триадой, природа-общество-человек, можно эти фундаментальные идеи извлечь. Силы природы должны быть освоены в результате революционного преобразования сферы производства. А благодаря этому и одновременно для этого требуется создать более свободное и рационально организованное общество. При этом каждый человек труда, в полной мере раскрывший свои способности и применивший их в интересах других людей, займет достойное место в обществе и исторической памяти.

Эти же идеи мы встречаем в профессиональных публикациях и выступлениях Кржижановского. В статье «Задачи электрификации промышленности», той самой, которая «зажгла» Ильича, он размышляет о неминуемом освоении все более мощных сил природы:

*«Мы подходим к последней грани. За химической молекулой и атомом — первоосновами старой химии — все яснее обрисовываются ион и электрон — основные субстанции электричества; открываются ослепительные перспективы в сторону радиоактивных веществ. Химия становится отделом общего учения об электричестве. Электротехника подводит нас к внутреннему запасу энергии в атомах. Занимается заря совершенно новой цивилизации».*

А в докладе на VIII Всероссийском съезде Советов, где, собственно говоря, и был принят план ГОЭЛРО, Кржижановский указывает на ключевую роль электрификации в преодолении частной собственности, в социалистическом преобразовании общества:

*«Благодаря электричеству является возможным подход к такому овладению силами природы, к созданию таких могучих производственных центров, которые уже не мирятся с частной собственностью. Там, где идет вопрос о том, чтобы громадные реки заковывать в каменные одежды и построить такие станции, которые будут влиять на жизнь целых районов страны, там, где дело идет о хозяйственном объединении этих районов в целостное народное хозяйство, - там территориальная собственническая грань не может не мешать».*

Свое выступление на съезде Глеб Максимилианович завершает поэтически-образным тезисом о жертвенном служении делу революции, кстати, очень перекликающимся с текстом "Варшавянки":

*«Таким образом мы будем лечить ужасные раны войны. Нам не вернуть наших погибших братьев, и им не придется воспользоваться благами электрической энергии. Но да послужит нам утешением, что эти жертвы не напрасны, что мы переживем такие великие дни, в которые люди проходят, как тени, но дела этих людей остаются, как скалы».*



Рис. 7. Г.М. Кржижановский и Г.О. Графтио на Волховстрое. 1924

Какие проникновенные слова! Можно ли было без такого чувственного, образного слога, без поэзии, воплощенной в плане электрификации, достучаться до умов и сердец многих и многих людей, сподвигнуть их на волевое действие в трудных условиях? Наверное, можно, но за гораздо более длительное время и

большой ценой. В то тяжелое время имелся только один ресурс, который можно было привлечь в большом объеме – «это сочувствие народных масс». И для за- действия этого ресурса нужен был «документ - поэма». На это сделал ставку Ленин и она сыграла.

За какие-то двадцать лет эти бывшие «лапотники», воодушевленные поэзией электрификации и организованные деятельностью Госплана (в создании которого Глеб Максимилианович так же принял непосредственное участие) сделали Россию промышленной державой, сумевшей победить в Великой отечественной войне. Это заслуга очень многих людей. Но определяющую роль в воплощении электрического блага сыграл Кржижановский, который был по характеристике Ленина, спесом с «загадом» - творческой личностью, соединившей в себе поэта, инженера и деятеля.

## 5 Поэзия навсегда

Генеральному секретарю ВКП(б) И.В. Сталину не нужны были люди «с загадом», ему нужны были преданные и эффективные менеджеры. В 20-е годы он позволял себе подшучивать над Кржижановским в кругу тогдашних друзей Каменева и Зиновьева:

*«Кржижановского надо назначать на самые ответственные участки работы, дать ему собрать аппарат из себе подобных, затем набраться терпения, пока не напортачит, а после выгнать всех его протеже взащей, а Кржижановского перевести на новую работу: пусть снова порезвится в подборе так называемых „кадров“ — отменная форма бескровной чистки аппарата».*

К началу 30-х годов Кржижановский из-за просчетов в руководстве и из-за расхождений с централизованной политикой планирования народного хозяйства, проводимой Сталиным, теряет место председателя Госплана СССР, фактически второго лица в правительстве. Но за ним были сохранены многие другие «кресла» и звания: членство в ЦК ВКП (б), ВЦИК и ЦИК СССР, звание академика, пост вице-президента АН СССР. А в 1931 году его назначили главой Энергоцентра СССР – прообраза будущего Министерства электростанций. Одновременно он становится директором созданного по его инициативе Энергетического института АН СССР (ЭНИИ).

При всем относительном благополучии в жизни Глеб Максимилианович осознавал «подвешенность» своего существования. В его стихах появляются щемяще-исповедальные мотивы.

*Весна сменялася весною,  
И обновился жизни ход.  
Победоносной чередою  
За годом Октября шел год.  
Не миновали нас печали  
Нелегок был наш переход;  
От старых берегов отчалив,*

*Не всяк до новых доплывет.*



**Рис. 8.** Г.М. Кржижановский (в центре) на президиуме V Всесоюзного съезда Советов Госплана. 13.09.1928. Источник РИА Новости.

В 1937 году органы НКВД перехватывают и доводят до сведения Сталина письма Кржижановского к старым большевикам, содержащие критические отзывы о вожде. Трагический исход ситуации становится очень вероятным. Однако вскоре главе НКВД Ежову поступает высочайший рескрипт: «Автора не трогать», а Глеба Максимилиановича избирают депутатом Верховного Совета СССР. В то же время его постепенно начинают устранять от всякой руководящей работы. Ему оставляют только возглавлять Энергетический институт, на этом посту он будет трудиться до конца своей длинной жизни. О двойственности в ситуации Кржижановского ходили анекдоты.

*Сталин выступает на XVIII съезде партии. Вдруг кто-то чихнул. «Кто чихнул? (Молчание.) Каждого 10-го – на 10 лет в лагеря! (Отсчитали, увели.) Кто чихнул? (Молчание.) Расстрелять каждого 10-го! (Отсчитали, увели.) Кто чихнул?» Встает Кржижановский: «Я». Сталин: «Будьте здоровы, Глеб Максимилианович».*

В публичном пространстве более 15 лет имя Кржижановского замалчивалось, оно было вычеркнуто из официальной исторической памяти. Его перестали упоминать даже в связи с планом ГОЭЛРО. Он при жизни стал «тенью», хотя и мог лицедрезать «скалу» своих дел. В конце жизни он, продолжая заниматься в меру сил энергетической наукой, пишет воспоминания о Ленине и, конечно, же сочиняет стихи. Они уже не те, что были в молодости, не такие энергичные, не такие революционные, не такие яркие.

*Как мчится жизнь! Уходят год за годом.*

*Слабеют силы. Старость – мой удел.*

*Таков закон: и счастьем, и невздам –  
всему, всему положен свой предел.*

После XX съезда КПСС, на котором состоялось осуждение "культа личности" И.В. Сталина, в Союзе писателей была задумана беседа со старейшими деятелями партии. Бюрократия творческого союза посчитала «целительным» обратиться к немногим в силу солидности истекшего времени и нескольких волн репрессий живым свидетелям истинной истории становления коммунистической партии и советского государства. Поэту-песеннику Евгению Долматовскому, написавшую огромное множество стихов, из которых можно было бы отметить «И на Марсе будут яблони цвести», досталось договориться о такой беседе с Глебом Максимилиановичем Кржижановским.

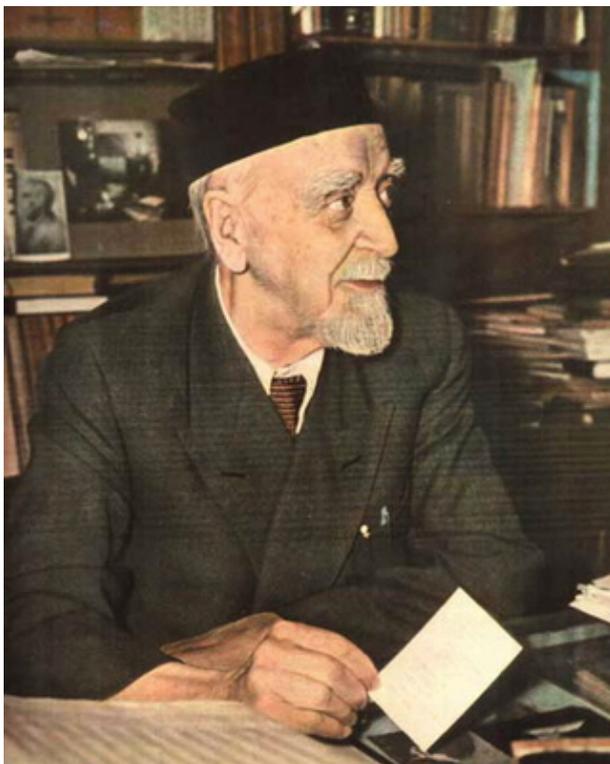


Рис. 9. Глеб Максимилианович Кржижановский

Долматовский предложил ему как старейшему государственному деятелю, ученому и инженеру провести беседу с писателями о развитии электроэнергетики. Глеб Максимилианович категорически от такого формата отказался.

*«— Разве это интересно — старейший? Мне с писателями хочется встретиться как с товарищами. Всегда было некогда мне заняться стихами. Только вот теперь, в тиши, могу уделить время поэзии. — И старый большевик заговорил со мной о сонетах».*

Позже они поговорили и об электроэнергетике. О делах электрификации Кржижановский говорил также просветленно, как и о своих сонетах. В этом человеке сплав револю-

ции, электрификации, планирования, поэзии за многие годы оказался крепок и неделим. Долматовский очень точно подмечает:

*«Я смотрел в светлые, ясные глаза Глеба Максимилиановича и думал о том, что он всегда и во всем был поэтом. Поэт «Варшавянки». Поэт электрификации. Поэт пятилетки».*

## 6 Взять в настоящее

Мы обращаемся к истории не столько для того, чтобы найти объективную истину, часто это и невозможно, сколько из простого любопытства, стремления найти вдохновение в событиях прошлого, понять какие-то фундаментальные идеи исторического развития, которые могут оказаться полезными в настоящем. История жизни «друга-поэта» Кржижановского и любопытна, и вдохновенна, и поучительна одновременно.

Поэтика его стихов и профессиональных публикаций опирается на единый мировоззренческий фундамент. В нем содержатся ответы на глубокие философские вопросы об отношении к природе-обществу-человеку. Природа должна быть освоена и подчинена свободной воле человека. Общество должно быть преобразовано на социалистических принципах, стать справедливым. А человек должен весь свой талант, всю свою жизнь отдавать служению этому обществу. Эти ответы стали идейной основой программы электрификации Советской России.

Нам сегодняшним, планирующим развитие (революционную трансформацию) энергетики, тоже надо иметь ответы на эти вопросы. Они в сегодняшних реалиях, вероятно, будут другими, но они точно должны быть. Иначе мы потеряемся в бурном потоке современности.

Еще один важный итог следует вынести из данной истории. Слово «поэзис» (ποίησις) в переводе с древнегреческого означает «деятельность, в которой человек воплощает в жизнь нечто, чего раньше не существовало». Кржижановский был творческой личностью, поэтом не столько потому, что писал стихи, сколько потому, что воплощал в жизнь великие замыслы. Поэзия в узком смысле этого слова сформировала за счет метафизического ресурса красоты мощную потенцию в душе Глеба Максимилиановича, которая искала практического выхода. А когда истина о взаимосвязи электричества и социального устройства общества стала для него очевидной и реализуемой, то ничто не могло уже удержать поток хлынувшей творческой энергии самого Кржижановского и многих, многих людей с «загадом», «заразившихся» образом электрического мира и воплотивших его в действительности.

Для нового витка развития энергетики, российского общества, всего человечества нужны такие люди «с загадом» - люди с поэзией в душе, с истиной в голове, с волей к добру в сердце.

### Благодарность

Благодарю за участие в подготовке текста профессора В.В. Бушуева и Д.И. Тимофеева.

### Литература

1. Кржижановский Г.М. Песни борьбы. – Сов. музыка, 1955, № 12.

2. Кржижановский Г.М. Избранное. – Государственное издательство политической литературы, 1957.
3. Карцев В.П. Кржижановский. – Молодая гвардия, 1985.
4. Семенов Ю.С. Ненаписанные романы. – ДЭМ, 1990.
5. Долматовский Е.А. Рассказы о твоих песнях. – Москва, 1973

## References

1. Krzhizhanovsky G.M. Songs of Struggle. - Sovetskaya Muzyka (Soviet Music), 1955, No. 12.
2. Krzhizhanovsky G.M. Selected Works. - State Publishing House for Political Literature, 1957.
3. Kartsev V.P. Krzhizhanovsky. - Molodaya Gvardiya, 1985.
4. Semenov Y.S. Unwritten Novels. - DEM, 1990.
5. Dolmatovsky E.A. Stories About Your Songs. - Moscow, 1973.

## The Poetics of the Author of the GOELRO Plan (How Poetry Helped Gleb Krzhizhanovsky Electrify Soviet Russia)

Dmitry Kholkin <sup>[0009-0005-5126-9135]</sup>

ANO "Center for Future Energy Systems 'Energinet'", Moscow, Russia

E-mail: [dvh@internetofenergy.ru](mailto:dvh@internetofenergy.ru)

**Abstract.** The article explores the interconnection between the poetic creativity and scientific activity of Gleb Krzhizhanovsky, a key figure in the history of electrification in Soviet Russia. The author examines Krzhizhanovsky's unique life journey, starting from his early poetic aspirations to his contributions to the development of electricity and industry in the USSR. The article highlights how poetry, from an early age and throughout his life, shaped Krzhizhanovsky's unique worldview, which later assisted him in developing and implementing the ambitious GOELRO plan. The author argues that Krzhizhanovsky's poetic view of the world played a key role in his understanding and application of scientific and engineering knowledge to solve practical problems, especially in the field of electrification. The article also sheds light on the influence of revolutionary ideas on Krzhizhanovsky's creative and scientific work, emphasizing his role as both a poet and an engineer in the formation of a new socialist society.

**Keywords:** Gleb Krzhizhanovsky, Poetry, Electrification, GOELRO Plan, Soviet Science and Industry.

УДК 621.3:621.22:620.91

DOI: 10.24412/2658-6703-2023-4-48-59

EDN: RJPFOA

## Парусная энергетическая установка наземного базирования с автоматическим изменением направления движения

Чекарев Константин Владимирович <sup>[0000-0002-5140-5142]</sup>,  
Залиханов Алим Михайлович <sup>[0000-0002-2540-6045]</sup>

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: konstantintchekarev@yandex.ru,  
bulungu@yandex.ru

**Аннотация.** Ветроустановки большой мощности, преобразующие кинетическую энергию ветра в электроэнергию, из-за низкой плотности воздуха имеют большие размеры, что приводит к необходимости сооружать большие конструкции при использовании в установках ветроколеса с горизонтальной осью вращения. Предложен вариант парусной энергетической установки наземного базирования, в которой проблема, связанная с большими размерами преобразователей энергии ветра, снимается. Была разработана и создана экспериментальная установка для проведения исследований на макетах парусной энергетической установки наземного базирования, включающей платформы с установленными на них парусами. Проведенные экспериментальные исследования показали работоспособность входящих в экспериментальную установку систем, найдены элементы конструкции, которые могут быть использованы при реализации парусной установки наземного базирования. Разработан метод прямого измерения сил, действующих на платформу, что позволяет определить коэффициент эффективности использования кинетической энергии воздушного потока. Результаты исследований представлены в данной статье.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, возобновляемые источники энергии, ветровая установка, парусная энергетическая установка

### 1 Введение

Использование кинетической энергии ветра в хозяйственной деятельности человека насчитывает много веков. Преобразователи энергии ветра в виде ветроколеса использовались только на суше для совершения работы, а преобразователи

ветровой энергии в виде паруса использовались в основном на воде для перемещения транспортных средств. Известны примеры использования парусов для перемещения транспортных средств на суше [1], но это направление развития не получило. С появлением зеленой энергетики, установки с преобразователем энергии в виде ветроколеса стали использоваться для производства электроэнергии, и устанавливаются как на суше, так и на море. В настоящее время ветроэнергетика является одной из самых быстроразвивающихся отраслей возобновляемой энергетики. По оценкам The Global Wind Council за 2021 год [2], в 2020 году было введено рекордное количество мощностей в глобальной ветроэнергетике. В большинстве действующих ветровых установках преобразование энергии ветрового потока в электроэнергию осуществляется с помощью ветроколеса с горизонтальной осью вращения и соединенного с ним электрогенератора, которые устанавливаются на мачте. В установках большой мощности диаметр ветроколеса может превышать величину 100 метров. Для удержания ветроколеса таких размеров необходима прочная конструкция и соответствующее основание, чтобы выдерживать большой вес установки и ветровые нагрузки, что приводит к усложнению конструкций и увеличению их стоимости. Предлагаются различные варианты решения проблемы, связанной с большими размерами преобразователей энергии ветрового потока.

## **2 Актуальность исследований и постановка цели**

Известен вариант ветроэнергетической морской установки повышенной мощности, в которой система жестких парусов, выполненная в виде вертикальных лопастей, удерживается на поверхности воды кольцевым понтоном, который вращается вокруг вертикальной оси [3]. В этой конструкции энергетической установки проблема создания прочной опоры при больших размерах преобразователей энергии снимается, но при этом возникает другая проблема. Установка может работать только при большом диаметре кольцевого понтона, в противном случае система наветренных лопастей будет перекрывать систему лопастей, находящихся за ними, однако при большом диаметре кольцевого понтона практически невозможно создать конструкцию, способную выдерживать волновое воздействие.

Ранее нами были разработаны варианты парусной энергетической установки, позволяющие снять проблему больших размеров преобразователя энергии ветрового потока и проблему устойчивости волновому воздействию [4, 5, 6]. Другая конструкция энергетической установки (5) содержит парусный катамаран, к корпусам которого снизу прикреплен гидрогенератор, выполненный в виде крыльчатки и электрогенератора. Катамаран движется циклично по дуговой траектории в заданном угловом интервале, что позволяет увеличить эффективность преобразования энергии ветрового потока. Для движения по такой траектории катамаран выполнен в виде конструкции, симметричной относительно носа и кормы, электрическим кабелем соединен с бумом, закрепленным на морском дне, и имеет систему изменения положения парусов и систему управления

движением катамарана. Движение по дуговой траектории было автоматизировано [7]. Этот вариант парусной энергетической установки [6] позволяет повысить эффективность использования энергии ветрового потока за счет задания области перемещения катамарана, в которой он все время движется курсом галфвинд. Однако в предлагаемых вариантах энергетических установок их эффективность также оказывается низкой, поскольку часть энергии ветрового потока расходуется на преодоление сопротивления водной массы движению катамарана. Кроме этого, возникают сложности с передачей вырабатываемого электричества внешнему потребителю электричества.

Эффективность парусной энергетической установки можно повысить и при этом снять проблему передачи вырабатываемой энергии внешнему потребителю, если сделать парусную энергетическую установку наземного базирования.

Известен более ранний вариант конструкции парусной энергетической установки наземного базирования [8], который является сухопутным аналогом ветроэнергетической морской установки [3]. Установка содержит платформы, соединенные в замкнутый состав, который движется по прямолинейному рельсовому пути. На платформах установлена система парусов, которые меняют положение в зависимости от направления ветра и участка пути. Электроэнергия вырабатывается с помощью электрогенераторов, установленных на платформах. Как и ветроэнергетическая морская установка [3], предлагаемая конструкция, может работать только при большом диаметре рельсового пути, поскольку при малых диаметрах система наветренных парусов будет перекрывать систему парусов, расположенную за ней, при этом эффективность преобразования энергии ветрового потока будет низкой, поскольку на половине пути платформы перемещаются под острым углом к направлению ветра.

Эффективность парусной энергетической установки наземного базирования можно повысить, если состав платформ сделать незамкнутым и изменить характер движения платформ так, как это сделано в парусной энергетической установке морского базирования [5]. Это означает, что платформы должны двигаться циклично в заданном интервале перемещений и иметь систему изменения положения парусов и систему управления движением платформ для того, чтобы платформы начинали двигаться в противоположную сторону в точках, ограничивающих интервал перемещений платформ. Была создана экспериментальная установка, элементы которой отработывались в процессе проведения исследований, при этом учитывался опыт и использовались элементы экспериментальной установки, на которой проводились исследования парусной энергетической установки морского базирования [5]. Экспериментальные исследования, результаты которых изложены в статье [9] показали работоспособность входящих в неё элементов. Были проведены исследования по методике вычисления сил, действующих на платформы, путем определения скорости платформы при её движении с грузами разного веса [10]. Для проведения экспериментов по данной методике оказалось необходимым разработать метод измерения точной величины коэффициента трения и обеспечить особые качества поверхности, по которой двигались платформы [11]. Качества поверхности были обеспечены тем, что платформы двигались по эстакадам. Разработан способ увеличения выработки

электричества за счет организации движения платформ по двум соседним путям. Для повышения его эффективности была разработана система автоматического изменения направления движения платформ в заданных точках интервала перемещений, моделирующая управление по сигналам GPS.

### 3 Экспериментальная установка, методика проведения экспериментов

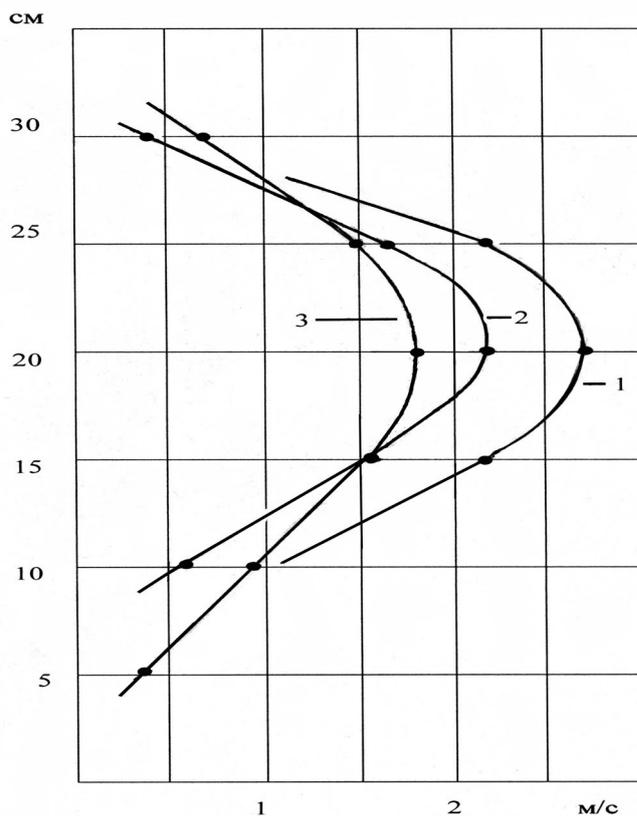
Экспериментальная установка включала генератор ветрового потока, платформы, на которых была установлена паруса, систему изменения положения парусов, направляющую систему, и систему управления движением платформ. Для проведения экспериментов с точным измерением величины коэффициента трения была разработана конструкция двух типов эстакад, изображения которых представлено на Рис 1. Платформы двигались по поверхности двух электрических коробов размером 25x16 мм, расположенных на расстоянии 145 мм друг от друга, и отстоящих от горизонтальной плоскости на расстоянии 160 мм. В середине эстакады находился направляющий рельс, выполненный из пластикового короба сечением 12 x 12 мм, на котором была нанесена разметка с интервалом 10 см. Направляющие рельсы эстакад отстояли от генератора ветрового потока на расстояниях 50 см и 65см. Генератор ветрового потока, изображение которого также представлено на Рис.1, был выполнен в виде системы вытяжных вентиляторов в количестве 13 штук, расположенных рядом друг с другом на рейке, длиной 2 метра.



Рис. 1. Генератор ветрового потока (на заднем фоне) и эстакады.

На Рис.2 представлен график распределения скоростей в вертикальных плоскостях, отстоящих от генератора ветрового потока на расстояниях 35 см, 50 см и 65 см. Как показали результаты исследований, изложенные в статье (9), несмотря на разницу распределения скоростей в этих плоскостях, эффективность воздей-

ствия ветрового потока на скорость платформ оказалась практически одинаковой. Это объясняется особенностью ветрового потока от применяемого ветрового генератора – наиболее высокие скорости в горизонтальной плоскости, проходящей по центру генераторной установки (Рис. 2). Высота парусов, установленных на платформах, позволяет перекрывать области с наибольшими скоростями ветра.



**Рис. 2.** График распределения скоростей в вертикальных плоскостях, отстоящих от генератора ветрового потока на расстояниях: 1) 35 см, 2) 50 см, 3) 65 см.

Экспериментальные исследования, представленные в данной статье, проводились на тех же платформах, что и эксперименты, результаты которых приведены в статье [9]. Изображение платформы представлено на Рис.3. Рамка платформы, к которой крепились 4 пластмассовых колеса диаметром 40 мм, имела размер 22см в длину и 17 см в ширину. В середине платформы на высоте 30 мм от рамки крепилась рейка, на которой в поворотных устройствах глубиной 30 мм устанавливались мачты, выполненные в виде пластиковых трубок диаметром 5 мм и высотой 30 см. Мачты были расположенные на расстоянии 11 см друг от друга. Они

поворачивались вокруг своей оси с помощью системы изменения положения парусов, включавшей электродвигатель с редуктором, на вал которого была надета небольшая шестеренка, а на одной из мачт была закреплена шестеренка большего диаметра. В зависимости от поставленной задачи мачты могли поворачиваться в угловом диапазоне 70-100 градусов. К мачтам были прикреплены паруса площадью 256 см<sup>2</sup> каждый. Чтобы снизить ветровую нагрузку на систему изменения положения парусов, они были симметричной формы относительно мачты, как это видно на Рис. 3. Размеры парусов составляли по высоте 24 см, по ширине внизу 16 см и вверху 11 см. Паруса были сделаны из металлизированной пленки, которая крепилась к мачте и нижней рее, и были усилены 3 ребрами. Для обеспечения одновременного изменения положения парусов нижние реи были соединены легкой перемычкой.

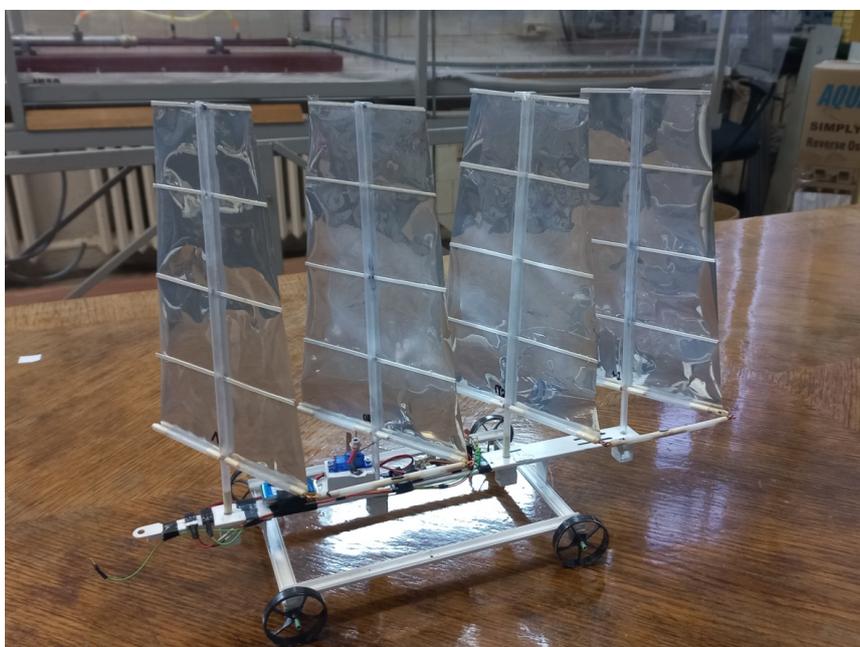
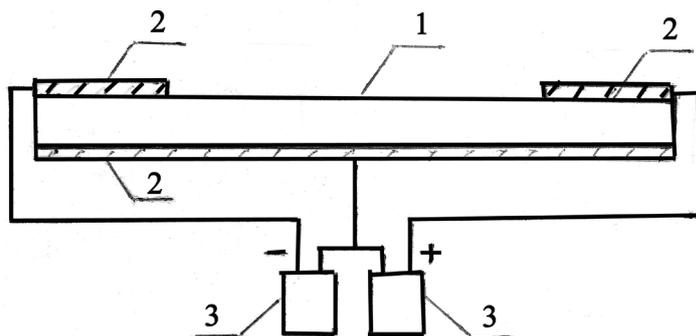


Рис. 3. Платформа с парусами.

Генератор ветрового потока и эстакады находились на горизонтальной плоскости длиной 3 метра и шириной 1,2 м. Траектория движения платформ задавалась направляющей системой, которая включала направляющий рельс и 4 колеса диаметром 15 мм, закрепленных по 2 на коротких сторонах рамки платформы. Их оси были направлены вертикально, находились на расстоянии 32 мм и были установлены так, чтобы направляющий рельс находился между ними. При таком расположении колес платформы свободно перемещались вдоль направляющего рельса.

Для одной из платформ была создана система автоматического изменения направления движения, моделирующая управление по координатам GPS. Система автоматического изменения направления движения была создана на основе системы управления положением парусов через контактный рельс, описанной в статье (12). Она включала направляющий рельс, который использовался как контактный рельс, на вертикальные стороны которого с двух сторон наклеивалась алюминиевая лента. С одной стороны контактного рельса алюминиевая лента была сплошной, а с другой стороны контактного рельса алюминиевая лента была наклеена только на его концах. К алюминиевым лентам были подключены два аккумулятора напряжением 3,7V. Схема подключения аккумуляторов показана на Рис 4. Для электрического контакта системы изменения положения парусов с контактным рельсом на одной из коротких сторон рамки платформы, дополнительно к двум направляющим колесам, крепились два металлических колеса с вертикальной осью вращения, расположенные по высоте так, чтобы они касались середин вертикальных сторон контактного рельса. Колеса прижимались к контактному рельсу петлей из тонкой резины. Контактные колеса были соединены проводами с электромотором системы изменения положения парусов.



**Рис. 4.** Схема подключения аккумуляторов к алюминиевым лентам на контактном рельсе (на схеме: 1 – контактный рельс; 2 - алюминиевая лента; 3 – аккумулятор 3,7 V).

На второй платформе управление положением парусов осуществлялось с помощью радиосигналов, которые передавались с пульта управления на установленный на платформе приемник, соединенный с системой изменения положения парусов. По сигналу с пульта управления паруса изменяли свое положение.

При проведении экспериментов движение платформ снималось на видеокамеру. По полученным записям с помощью разметки на направляющих рельсах строились графики перемещения платформ в зависимости от времени, по которым определялась скорость движения платформ.

#### 4 Результаты экспериментов и обсуждение

Было проведено две серии экспериментов. В первой серии экспериментов исследовалась работа системы автоматического изменения направления движения платформы в заданных точках интервала перемещений, моделирующей управление по сигналам GPS.

Во второй серии экспериментов проводилось исследование способа увеличения мощности установки за счет организации движения платформ по двум соседним эстакадам, при автоматическом изменении направления движения одной из платформ в заданных точках интервала перемещений.

Проведенные эксперименты первой серии показали, что созданная система автоматического изменения направления движения платформы работает нормально. При движении платформы между алюминиевыми лентами на концах одной из сторон контактного рельса платформа движется под воздействием сил ветрового потока. В тот момент, когда контактные колеса платформы касаются алюминиевой ленты, расположенной на одном из концов контактного рельса, в систему изменения положения парусов поступает сигнал от аккумуляторов, и паруса начинают изменять положение. В это время платформа по инерции продолжает двигаться в прежнем направлении. После того, как паруса изменяют положение, платформа начинает двигаться в обратном направлении. Когда контактные колеса коснутся алюминиевой ленты на другом конце контактного рельса, с парусами и платформой происходят аналогичные процессы, что и на противоположном конце контактного рельса. На Рис.5 представлен график перемещений платформы с автоматическим изменением направления движения. Как видно из графика система автоматического изменения направления движения платформы работает нормально, платформа меняет направление в точках, расположенных на одном и том же расстоянии от центра.

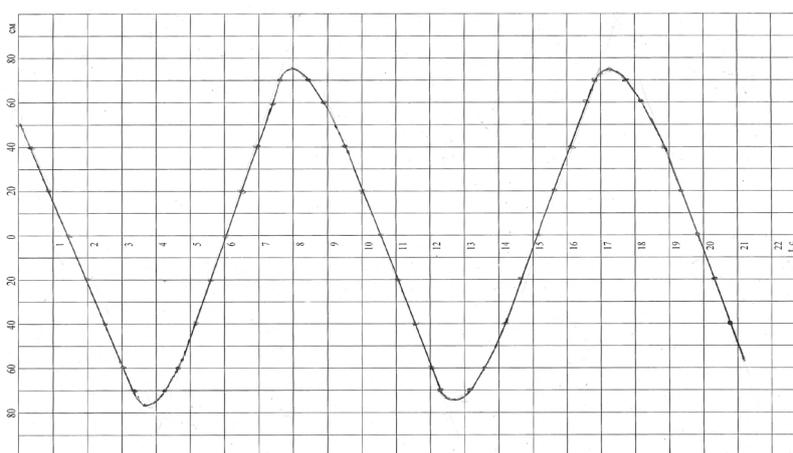
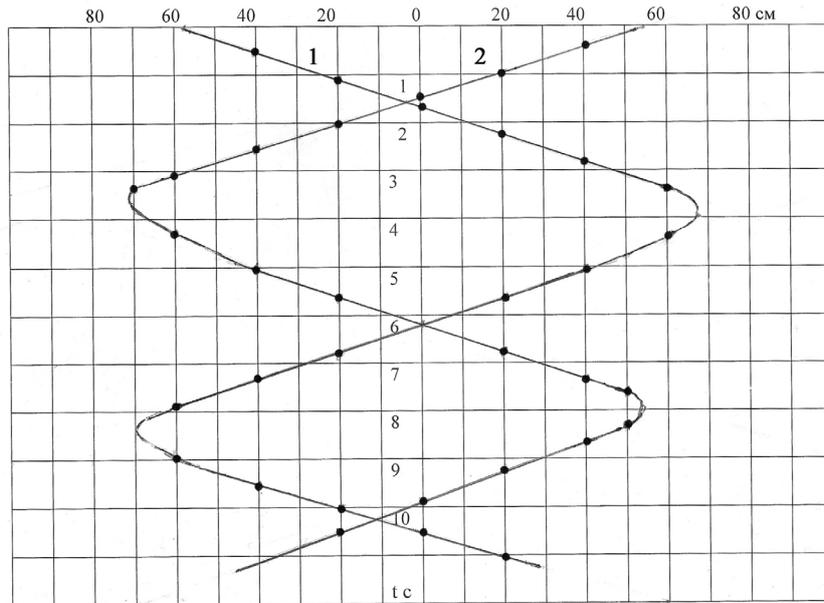


Рис. 5. График перемещений платформы с автоматическим изменением направления движения.

На рис. 6 представлен график движения платформ по двум соседним эстакадам. Платформа с автоматическим изменением направления движения перемещалась по эстакаде, отстоящей от генератора ветрового потока на расстоянии 50 см, а платформа с радиуправлением двигалась по соседней эстакаде, отстоящей от генератора ветрового потока на расстоянии 65 см.



**Рис. 6.** График перемещений платформ по двум соседним эстакадам. (На схеме: 1 – платформа с автоматическим изменением направления движения; 2 – платформа с радиуправлением).

Платформы двигались таким образом, что встречались в районе центра эстакады. На графике видно, что при встрече платформ, в тот момент, когда платформа с автоматическим изменением направления движения перекрывает ветровой поток, скорость платформы с радиуправлением не изменяется. Это означает, что предложенный способ организации движения платформ можно использовать для повышения вырабатываемой мощности электроэнергии парусных энергетических установок наземного базирования. Если платформы будут двигаться так, чтобы моменты изменения направления их движения не совпадали по времени, то неравномерность выработки электрической энергии, обусловленная циклическостью движения платформ, уменьшится.

## 5 Выводы

На основании результатов, полученных в процессе проведения экспериментов, можно сделать следующие выводы. Эксперименты с автоматическим изменением направления движения платформы показали, что такое же перемещение платформы можно организовать по координатам GPS.

Путем организации движения двух платформ по соседним эстакадам можно увеличивать мощность вырабатываемой электроэнергии. Сдвигом моментов изменения направления движения платформ можно уменьшить неравномерность выработки электроэнергии, обусловленной цикличностью движения платформ.

## Литература

1. П. Дигай. Под парусами по рельсам //Yachtrussia.com/articlts/2016/10/21/articlts\_391.html
2. Global Wind Report 2021 <https://gwec.net/global-wind-report-2021/>
3. Чебоксаров В.В., Кузнецов Н.Н.// Гибридные ветро-солнечные морские энергетические установки//Строительство и технологическая безопасность. №18(70)-2020. С.67-81
4. Патент № 2722760 РФ, МПК В63В 35/44 (2006.1) / Парусная энергетическая установка, преобразующая энергию потоков двух сред; № 2019136097, Заяв. 2019.11.11 / Соловьев А.А., Чекарев К.В., Соловьев Д.А. – заявители и правообладатели // «Изобретения. Полезные модели». 2020. № 16.
5. Патент № 2745173 РФ, МПК В63В 35/44 (2006.01) / Парусная энергетическая установка; № 2020128596, заявл. 2020.08.28 / Чекарев К.В., Дегтярев К.С., Залиханов А.М. – заявители и правообладатели // «Изобретения. Полезные модели». 2021. № 9.
6. Патент № 2779605 РФ, МПК В63В 35/44 (200.01) / Парусная энергетическая установка с автоматической системой управления её движением / № 2022107300, Заявл. 21.03.2022 / Чекарев К.В., Березкин М.Ю., Залиханов А.М. - заявители и правообладатели // «Изобретения. Полезные модели». 2022. № 26.
7. Чекарев К.В., Залиханов А.М., Дегтярев К.С. Парусная энергетическая установка//География возобновляемых источников энергии. ИД Энергия. Москва 2021, сс. 180-197 .
8. Патент № 2125182 РФ, МПК F 03 D 5/04 / Ветроэнергетическая установка; № 96123627/06, заявл. 1996.12.16 / Цыбульников С.И. - заявитель и правообладатель.
9. Чекарев К.В., Залиханов А.М. Парусная энергетическая установка наземного базирования// Окружающая среда и энергосистемы: №2 (14) . 2022. С.77-90. <http://jeees.ru/category/journal/2022-2/>
10. Чекарев К. В., Залиханов А.М. Парусная энергетическая установка наземного базирования: определение величины сил, действующих на платформу // Окружающая среда и энергосистемы № 3 (15), 2022, сс. 67-79. <http://jeees.ru/category/journal/2022-3/>
11. Чекарев К.В., Залиханов А.М.. Парусная энергетическая установка наземного базирования: определение коэффициента эффективности//Окружающая среда и энергосистемы: №1 (17), 2023, сс. 78-89. <http://jeees.ru/category/journal/2023-1/>

---

**References**

1. Digaj P. Pod parusami po rel'sam// Yachrussia.com/articlts/2016/10/21/ arti-clts\_391.ktml
2. Global Wind Report 2021 <https://gwec.net/global-wind-report-2021/>
3. Cheboksarov V.V., Kuznecov N.N. Gibridnye vetro-solnechnye morskije energeticheskie ustanovki // Stroitel'stvo I tekhnologicheskaya bezopasnost'. №18 (70), 2020. S.67-81.
4. Patent RU 2722760 C1, B63B 35/44 (2006.1) / Sailing Power Plant Converting Flow Energy of Two Media / Application # 2019136097, 2019.11.11 / Solovev A.A., Chekarev K.V., Solovev D.A. – inventors and proprietors // Izobretenija, Poleznyja modeli / 2020 / # 16.
5. Patent RU 2745173 C1 / B63B 35/44 (2006.01) / Sailing power plant / Application: # 2020128596, 2020.08.28 / Chekarev K.V., Degtyarev K.S., Zalikhanov A.M. – inventors and proprietors // Izobretenija, Poleznyja modeli / 2021, # 9.
6. Patent RU 2779605 C1/ B63B 35/44 (200.01) / Sailing Power Plant With Automatic Control System of its Movement / Application: # 2022107300, 21.03.2022 / Chekarev K.V., Be-rezkin M.Y., Zalikhanov A.M. – inventors and proprietors // Izobretenija, Poleznyja modeli / 2022, # 26.
7. Chekarev K.V., Zalikhanov A.M., Degtyarev K.S. Parusnye energeticheskie ustanovki. // Geografiya vozobnovlyaemyh istochnikov energii. ID «Energiya», M., 2021. S.180-197.
8. Patent RU 2125182 C1 / F 03 D 5/04 / Wind-electric Power Plant /Application: # 96123627/06, 16.12.1996 / Tsybul'nikov S.I. - inventor and proprietor //
9. Chekarev K.V., Zalikhanov A.M. Parusnaya energeticheskaya ustanovka nazemnogo bazi-rovaniya // Okruzhayushchaya sreda I energovedenie. №2 (14), 2022. S.77-90. <http://jeees.ru/category/journal/2022-2/>
10. Chekarev K.V., Zalikhanov A.M. Parusnaya energeticheskaya ustanovka nazemnogo bazi-rovaniya: nakhojdenie velichiny sil, deistviuschih na platformu // Okruzhayushchaya sreda I energovedenie. №3 (15), 2022. S.67-79. <http://jeees.ru/category/journal/2022-3/>
11. Chekarev K.V., Zalikhanov A.M. Parusnaya energeticheskaya ustanovka nazemnogo bazi-rovaniya: opredelenie koeffitshienta effektivnosti. // Okruzhayushchaya sreda I ener-govedenie. №1 (17), 2023. S.78-89. <http://jeees.ru/category/journal/2023-1/>

\

## Land-Based Sailing Power Plant with Automatic Change of Direction of Movement

Konstantin Chekarev<sup>[0000-0002-5140-5142]</sup>, Alim Zalikhanov<sup>[0000-0002-2540-6045]</sup>

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

E-mail: konstantintchekarev@yandex.ru, bulungu@yandex.ru

**Abstract.** High-power installations that convert kinetic wind energy into electricity have large dimensions due to the low air density, which leads to the need to construct large structures when using wind wheels with a horizontal axis of rotation in installations. A variant of a land-based sailing power plant is proposed, in which the problem associated with the large size of wind energy converters is removed. An experimental installation was developed and created to conduct research on models of a land-based sailing power plant, including platforms with sails mounted on them. The conducted experimental studies have shown the operability of the systems included in the experimental installation, structural elements have been found that can be used in the implementation of a land-based sailing installation. A method of direct measurement of the forces acting on the platform has been developed, which makes it possible to determine the efficiency coefficient of using the kinetic energy of the air flow. The results of the research are presented in this article.

**Keywords:** windpower, renewable energy sources, wind plant, sailing power plant.