

ISSN (print) 0869-5873
ISSN (online) 3034-5200



Российская Академия Наук

Номер 9

Сентябрь 2025



**ВЕСТНИК
РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК**

**HERALD
OF THE RUSSIAN
ACADEMY OF SCIENCES**



НАУКА

— 1727 —

ВСЕПРЕВЛАДШИИ ДЕРЖАВЫ

СОДЕРЖАНИЕ

Номер 9, 2025

Наука и общество

А.А. Акаев, И.В. Ильин, А.В. Кортаев

Мир стоит на пороге эпохи технологической сингулярности. Как изменятся тренды базовых глобальных процессов и эволюция человечества 3

*В.В. Болдырев, Н.М. Буйнов, А.Г. Вахромеев, Н.П. Коцупало, А.М. Кочнев,
Л.Т. Менжерес, А.Д. Рябцев, В.И. Титаренко, Е.О. Чертовских*

Литиеносные поликомпонентные глубинные рассолы гидроминеральной провинции Сибирской платформы и их использование в качестве сырьевой базы для создания новых производств в Иркутской области 16

Проблемы экологии

А.А. Тишков, С.В. Титова

К новым оценкам экологических последствий строительства Монгольской ГЭС 27

За рубежом

Н.К. Семёнова

Китайские порты: от логистических хабов к инструментам глобальной стратегии 38

Былое

В.Д. Ермиков, Н.П. Похиленко, В.И. Молодин

Эпоха академической экспансии. Программа “Сибирь”
Памяти академиков Г.И. Марчука, А.А. Трофимука, В.А. Коптюга, Н.Л. Добрецова 51

Эссе

Р.И. Нигматулин

Размышления о науке, религии, этничности и образовании 63

Обозрение

Г.Г. Омелянюк, И.В. Стороженко

Молекулярно-генетические исследования при раскрытии и расследовании преступлений против личности 70

Л.А. Баранова, С.В. Авакян

Тридцатилетие учёта ридберговского возбуждения в микроволновой энергетике окружающей среды, космоса и в медицине 77

Е.А. Сабельникова, С.В. Быкова, Д.А. Дегтерёв

Целиакия: внекишечные проявления и сопутствующие заболевания 91

Официальный отдел

К 75-летию академика РАН А.Н. Торкунова 99

CONTENTS

No. 9, 2025

Science and Society

A.A. Akaev, I.V. Ilyin, A.V. Korotayev

The world is on the edge of the era of technological singularity. How will the trends of basic global processes and the evolution of humanity change 3

*V.V. Boldyrev, N.M. Buinov, A.G. Vakhromeev, [N.P. Kotsupalo], A.M. Kochnev,
L.T. Menzherez, A.D. Ryabtsev, V.I. Titarenko, E.O. Chertovskikh*

Lithium-bearing polycomponent deep brines of the hydromineral province of the Siberian platform and their use as a raw material base for the creation of new production in the Irkutsk region 16

Ecological problems

A.A. Tishkov, S.V. Titova

Towards new assessments of the environmental consequences of the construction of the Mongolian hydroelectric power station 27

Abroad

N.K. Semenova

Chinese ports: from logistics hubs to instruments of global strategy 38

Bygone times

V.D. Ermikov, N.P. Pokhilenko, V.I. Molodin

The era of academic expansion. The “Siberia” program
In memory of academicians G.I. Marchuk, A.A. Trofimuk, V.A. Koptyug, N.L. Dobretsov 51

Essay

R.I. Nigmatulin

Reflections on science, religion, ethnicity and education 63

Review

G.G. Omelyanuk, I.V. Storozhenko

Molecular genetic research in detecting and investigating crimes against the person 70

L.A. Baranova, S.V. Avakyan

Thirty anniversary of taking Rydberg excitation into account in microwave energy of the environment, space and medicine 77

E.A. Sabelnikova, S.V. Bykova, D.A. Degtyarev

Celiac disease: extraintestinal manifestations and concomitant diseases 91

Official Section

On the 75th anniversary of Academician of the Russian Academy of Sciences A.N. Torkunov 99

МИР СТОИТ НА ПОРОГЕ ЭПОХИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИНГУЛЯРНОСТИ. КАК ИЗМЕНЯТСЯ ТРЕНДЫ БАЗОВЫХ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

© 2025 г. А.А. Акаев^{a,b,*}, И.В. Ильин^{a,**}, А.В. Коротаев^{a,b,***}

^aМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
факультет глобальных процессов, Москва, Россия

^bНациональный исследовательский университет “Высшая школа экономики”, Москва, Россия

*E-mail: askarakaev@mail.ru

**E-mail: molsovet-msu@yandex.ru

***E-mail: akorotayev@gmail.com

Поступила в редакцию 25.04.2025 г.

После доработки 24.06.2025 г.

Принята к публикации 20.07.2025 г.

В статье рассматривается вероятность создания искусственного интеллекта (ИИ) человеческого уровня (“уровня человека интеллект”, УЧИ) к 2027–2029 гг. и наступления эпохи технологической сингулярности, когда будет происходить кардинальное изменение механизма человеческой эволюции. Отмечается, что такая вероятность близка к единице, поскольку эти даты удивительным образом совпали с датами эволюционной сингулярности. Обсуждаются изменения в трендах развития таких ключевых глобальных процессов, как демографическая динамика и технологический прогресс, порождаемые взаимодействием человека и УЧИ, а также различные сценарии развития человеческой эволюции в эпоху сингулярности – бифуркационное время, ограниченное 15–20 годами. Показано, что активное формирование симбиоза “человек+ИИ” как ведущей силы развития во всех сферах деятельности позволит человечеству двигаться по прогрессивной ветке эволюции.

Ключевые слова: технологическая революция, прогресс, сингулярность, бифуркационное время, гиперболический закон развития эволюции, эволюционная сингулярность, цифровые технологии, искусственный интеллект, большие данные, демографический и информационный императивы, симбиоз человека и интеллектуальной машины.

DOI: 10.7868/S3034520025090014

За последние пять лет, после дебюта генеративной языковой модели искусственного интеллекта (ИИ) ChatGPT американской компании OpenAI – модели, которая способна синтезировать

тексты на уровне человека, начался новый этап в развитии ИИ, взрывной рост его интеллектуальных возможностей. За весьма короткое время ИИ совершил гигантский скачок: от простых языковых



АКАЕВ Аскар Акаевич – иностранный член РАН, доктор технических наук, профессор ФГП МГУ и НИУ ВШЭ. ИЛЬИН Илья Вячеславович – профессор, доктор политических наук, декан ФГП МГУ. КОРОТАЕВ Андрей Витальевич – доктор исторических наук, профессор ФГП МГУ и НИУ ВШЭ.

моделей, способных лишь предсказывать следующее слово в предложении, мы пришли к системам, которые могут вести осмысленный диалог с человеком, создавать картины, музыку и тексты на уровне мастеров, даже писать программные коды и решать довольно сложные математические задачи. Новейшие модели ИИ от OpenAI, такие как o1 и ей подобные, уже не просто обрабатывают информацию, а по-настоящему размышляют над решением задачи. Они проводят серию сложных рассуждений, перебирают различные варианты и проверяют гипотезы. Подобные машины получили название моделей искусственного рассуждения.

До последнего времени казалось, что всё это очень дорогое удовольствие, так как технология глубокого обучения нейросети ИИ требует десятков тысяч дорогостоящих и уникальных графических процессоров, а также много энергии, что суммарно обходилось в сотни миллионов долларов. Однако появление в самом начале 2025 г. китайской модели ИИ DeepSeek, равноценной по интеллектуальному уровню лучшим моделям OpenAI, но построенной примерно на одной тысяче доступных графических процессоров и потребовавшей всего около 6 млн долларов на обучение, кардинально изменило ситуацию. Можно сказать, что это стало прорывом для всей мировой ИИ-индустрии, ведь в отличие от американских, китайская модель была объявлена в бесплатное использование с открытым кодом и стала доступна всем желающим в мире. Теперь ИИ получил мощный импульс и стремительно развивается. Уже сегодня он оказывает значительное влияние на повседневную жизнь миллионов людей и тысяч компаний по всему миру.

Сферы применения искусственного интеллекта сегодня охватывают игровой мир (викторины, шахматы, го и др.), распознавание изображений и устной речи, медицинскую диагностику, генерацию картин, музыки и текстов, перевод с одного языка на другой и многое другое, причём всё это реализуется на уровне квалифицированного специалиста. Кроме того, ИИ с успехом используют в научных исследованиях, связанных с обработкой экстремально больших данных: в астрофизике, где собирают и анализируют данные о движении миллиардов звёзд и миллионов галактик; в фармацевтике — для синтеза лекарственных молекул с заданными свойствами и т.п. Как видим, пока ИИ является узкоспециализированным и может фокусироваться на решении ограниченного круга задач. Одни модели лучше чемпионов мира играют в шахматы или го, другие диагностируют определённые болезни лучше, чем консилиум самой высококвалифицированной команды врачей. Но они не могут переключиться на решение другого класса задач.

Какие же достижения в области ИИ ожидают нас в ближайшие годы? По оценкам ведущих экспертов, уже в период с 2027 по 2030 г. появится первый

универсальный ИИ человеческого уровня (“уровня человека интеллект”, УЧИ), способный решать любые интеллектуальные задачи на уровне высококвалифицированных специалистов. Следовательно, человечество больше не будет единственным интеллектуальным агентом на Земле, и это событие, безусловно, станет одним из важнейших в его истории. Оно обозначит наступление технологической сингулярности первого рода, если под следующим этапом понимать появление самовоспроизводящейся и саморазвивающейся технологии ИИ, способной совершенствоваться без участия человека. По прогнозам Р. Курцвейла, бывшего руководителя работ по ИИ в компании Google, последнее ожидается примерно к 2045 г. С. Альтман, глава компании OpenAI, создавшей знаменитый ChatGPT, утверждает, что УЧИ будет сгенерирован к 2029 г. А гендиректор известной в сфере ИИ компании Anthropic Д. Амодио считает, что будет достаточно нескольких миллионов чипов Nvidia и десятков миллиардов долларов, чтобы в 2025–2027 гг. разработать и создать ИИ, который окажется умнее почти всех людей почти во всех областях. Не менее знаменитый И. Маск также настроен оптимистично: “Всё более вероятно, что ИИ превзойдёт интеллект любого человека к концу 2025 г. и, возможно, всех людей — к 2027–2028 гг. Вероятность того, что ИИ превзойдёт интеллект всех людей, вместе взятых, к 2030 г., составляет 100%!”

Таким образом, уже в конце текущего десятилетия, в 2027–2029 гг., мир вступит в эпоху технологической сингулярности, которая будет сопровождаться радикальными изменениями в характере эволюционного развития человеческой цивилизации. Мы стоим на пороге новой эпохи, где грань между человеческим и искусственным интеллектом всё более размывается, а человечество уже не единственный интеллектуальный агент на планете. Если ИИ станет усилителем когнитивных способностей человека, а не его конкурентом, откроются совершенно новые горизонты познания, и можно будет говорить о начале научной и культурной революции. При гармоничном симбиозе человека и ИИ развитие цивилизации пойдёт по восходящей прогрессивной траектории, однако человек должен оставаться ведущим в этом симбиозе, направляя всю мощь ИИ на благо общества. Если же ИИ станет конкурентом людей, отнимая у них интеллектуальную работу и вытесняя из социальной жизни, эволюция человечества пойдёт по пути деградации.

Следовательно, грядущая эпоха — это время как великих возможностей, так и грандиозных рисков и вызовов. Поэтому задача состоит в том, чтобы не просто адаптироваться к предстоящим изменениям, но активно формировать будущее, в котором ИИ и другие технологии будут служить расширению, а не ограничению человеческого

потенциала. В 2027–2029 гг. траектория эволюции человеческой цивилизации будет претерпевать бифуркацию (раздвоение), но, к счастью, это не мгновенное явление, оно имеет определённую продолжительность, которую выдающийся советский учёный Н.Н. Моисеев называл “бифуркационным временем” [1, с. 6]. В данном случае это время между появлением УЧИ, контролируемого человеком, и его трансформацией в ИСИ – искусственный сверхинтеллект, который будет превосходить суммарный интеллект всего человечества и обладать технологическими возможностями самовоспроизводства и саморазвития. Если прогноз Р. Курцвейла относительно появления ИСИ в районе 2045 г. верен, то человечество имеет бифуркационное время, равное примерно 16–20 годам, чтобы повлиять на выбор прогрессивного пути продолжения эволюции. А далее уже ИСИ будет определять развитие человеческого общества как автономная сила, не зависящая от человека и превосходящая его по интеллекту в миллионы раз.

Однако вправе ли мы говорить о наступлении эпохи технологической сингулярности и новой эпохи в эволюции человечества только лишь на основании появления УЧИ? Поразительно, но оказалось, что мегаэволюция и эволюция человечества также находились в режиме обострения продолжительное время и, достигнув максимальной скорости развития, начали её замедление, подобно глобальному демографическому переходу [2, с. 10; 3]. Ещё более поразительно, что их точки сингулярности пришлось на 2027–2029 гг. и в точности совпали с датами вероятного появления УЧИ [2, с. 11; 4, pp. 30, 43]. Следовательно, есть достаточное основание говорить о наступлении в 2027–2029 гг. эпохи сингулярности в глобальном эволюционном процессе.

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ГРАНИ ПРЕДСТОЯЩЕЙ СИНГУЛЯРНОСТИ

А.В. Коротаяев впервые провёл математический анализ известных эволюционных рядов Модиса–Курцвейла [5, 6] и Панова [7], составленных независимо друг от друга с использованием совершенно разных источников, и нашёл, что оба они описываются простейшей гиперболической функцией с сингулярностью соответственно в 2029 и 2027 гг. [4, pp. 30, 43]. Р. Курцвейл заимствовал принципиально важные ключевые эволюционные события глобальной истории у Т. Модиса [5] и назвал их “каноническими вехами” истории [6, р. 20]. Причём Т. Модис описал 27 таких “канонических вех”, начиная с возникновения нашей Галактики и кончая расшифровкой кода ДНК. А.Д. Панов говорит о 19 “планетарных революциях” [7], обозначающих эволюционные фазовые переходы, начиная с возникновения жизни на Земле и заканчивая информационной революцией. А.В. Коротаяев установил,

что эволюционный ряд Модиса–Курцвейла идеально описывается степенной функцией гиперболического типа [4, р. 30]:

$$y_1(t) = \frac{C_1}{(2029 - t)^{1.003}}, \quad C_1 = 2.054, \quad (1)$$

а ряд Панова практически такой же функцией [4, р. 43]:

$$y_2(t) = \frac{C_2}{(2027 - t)^{1.01}}, \quad C_2 = 1.886, \quad (2)$$

где y – это скорость глобального макроэволюционного развития, измеряемая как число фазовых переходов за единицу времени (t), соответственно по эволюционным рядам Модиса–Курцвейла (y_1) и Панова (y_2).

Поскольку показатели степени в знаменателях обеих функций весьма близки к единице (с ошибкой менее 1%), есть достаточно оснований использовать чисто гиперболическую функцию:

$$y_i(t) = \frac{C_i}{(T_i - t)}. \quad (3)$$

А.В. Коротаяев также впервые отметил абсолютную схожесть полученных функций, описывающих скорость макроэволюционного развития (1) и скорость роста глобальной сложности (2), с законом гиперболического роста численности населения Земли, сингулярность которого наступит в 2027 г.:

$$N(t) = \frac{C}{(2027 - t)^{0.99}}, \quad C = 215000. \quad (4)$$

Закон открыт Х. фон Фёрстером ещё в 1960 г. [4, р. 46]. Более того, он показал, что эти совпадения не случайны, а являются проявлением глубокой закономерности: в социальной фазе универсальной истории гиперболический характер скорости роста глобальной сложности и роста численности населения Земли оказываются теснейшим образом связанными сторонами единого макроэволюционного процесса [8, с. 257]. А поскольку взрывной гиперболический рост населения Земли прекратился уже во второй половине XX в. (в 1980-х годах) и начался глобальный демографический переход с плавным замедлением как скорости, так и темпов роста населения Земли [9, 10, 11], Коротаяев делает справедливый вывод о том, что примерно тогда же началось замедление скорости глобального макроэволюционного процесса, а также скорости роста планетарной сложности [4, pp. 50–51; 8, с. 257]. Таким образом, нет ничего удивительного в том,

что тренды биологического, социально-экономического и технологического развития оказались тождественными. Сначала они стали проявлением ускоренного характера эволюции, а теперь, когда её скорость замедляется, все перечисленные выше глобальные процессы также протекают с замедлением.

А.В. Коротаяев также убедительно показал [12, pp. 583–588], что предстоящая эволюционная сингулярность не является продуктом искажённого человеческого восприятия, описываемого законом Вебера–Фехнера. В соответствии с последним при составлении ряда фазовых переходов человек с большей вероятностью классифицирует недавние революционные события как наиболее важные фазовые переходы, тогда как более отдалённые с гораздо меньшей вероятностью воспринимаются как столь же важные [12, pp. 571–572]. Но если закон Вебера–Фехнера применить к какому-то непрофессионально выбранному эволюционному ряду, это может привести к прогнозированию точки сингулярности со сдвигом на десятки, сотни и даже тысячи лет [12, pp. 583–586].

Таким образом, в 2027–2029 гг. человечество вступает в эпоху сингулярности, когда будет происходить изменение механизма человеческой эволюции. Это обусловлено взаимодействием с УЧИ, который чем дальше, тем больше будет отрываться от человеческого интеллекта. Что же касается общего технологического прогресса, то здесь не ожидается невиданного ускорения, прогнозируемого Р. Курцвейлом [6, 13]. Мы считаем, что после прохождения точки сингулярности в 2027–2029 гг. темпы глобальной эволюции будут в долгосрочной перспективе систематически замедляться [4, pp. 50–51].

На наш взгляд, эволюционная точка сингулярности совпадёт с точкой бифуркации, когда эволюционный процесс выберет одну из двух возможных ветвей развития. Большое внимание этому явлению уделено в работе А.М. Буровского [14, с. 306], который связывал бифуркации с “пороговыми вехами” эволюции, понимая под ними “фазовые переходы” Панова и “канонические вехи” Модиса–Курцвейла. А.П. Назаретян говорил даже о полифуркациях [15], когда эволюционная траектория расщепляется на несколько ветвей. А.Д. Панов [16], хотя и не говорит о бифуркации, справедливо отмечает, что вопрос о характере склейки уходящей и наступающей эпох легко связать с возможностью создания сильного ИИ, который будет превосходить совокупный интеллект человечества по всем параметрам [16, с. 358]. Панов также полагает, что если такой ИИ будет создан, то, будучи способным к саморазвитию, он сможет совершенствоваться в полном отрыве от человечества, обрекая его на путь деградации. Напротив, если создание сильного ИИ невозможно, то он должен будет существо-

вать в симбиозе с породившим его человеческим разумом. В этом случае человек и ИИ могут образовать единую суперсистему нового эволюционного уровня и человечество пойдёт по прогрессивной ветви эволюции [16, с. 360]. Именно такая ситуация ожидается в предстоящие 15–20 лет.

Неудивительно, что предстоящая бифуркация эволюционного процесса тесно связана с ИИ. А.Д. Панов справедливо отмечал, что «для описания внутренней структуры “единицы” прогрессивно эволюционирующей системы требуется всё больше и больше информации, поэтому прогрессивная эволюция есть почти синоним увеличения удельного информационного содержания эволюционирующих систем» [16, с. 353]. Поскольку прогрессивная эволюция сопровождается усложнением структуры эволюционирующей системы, последняя требует всё больше информации для своего описания. До определённого уровня сложности человеческий мозг самостоятельно справлялся с анализом и обработкой соответствующего объёма информации. Однако взрывной гиперболический рост сложности задач привёл к тому, что для их решения человеческому разуму понадобилась помощь. Впервые это случилось в середине XX в., когда общество столкнулось с проблемами освоения атомной энергии и космического пространства. Тогда были созданы электронные вычислительные машины (компьютеры), намного превосходящие возможности человеческого мозга.

Компьютеры в XX столетии, в соответствии с законом Мура [13], эволюционировали по экспоненциальному принципу, удваивая свою вычислительную мощность каждые два года. Вместе с тем сложность задач, возникающих перед человечеством, также росла взрывными темпами. В результате на рубеже XX и XXI вв. потребовался уже ИИ для анализа и обработки гигантских объёмов данных, генерируемых современной цивилизацией, с которыми перестали справляться даже самые быстродействующие суперкомпьютеры мира. Они получили название “больших данных”. Поэтому человечество разработало и успешно использовало для решения подобных задач ИИ [17, 18]. Технологическая инфраструктура современного мира настолько сложна, что без помощи ИИ её уже невозможно эффективно поддерживать. С каждым годом искусственному интеллекту делегируется всё больше полномочий: сегодня он уже управляет финансовой сферой, контролирует энергетическую и транспортную системы, обеспечивает работу информационно-коммуникационных сетей и помогает в принятии управленческих решений. Человечество всё больше зависит от ИИ, и эта зависимость только усиливается. Как следствие, возникает естественное опасение, что однажды произойдёт утрата контроля над ИИ.

ГЛОБАЛЬНЫЙ ДЕМОГРАФИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД КАК ГЛАВНАЯ ДВИЖУЩАЯ СИЛА ЦИВИЛИЗАЦИИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XXI ВЕКА

Выше уже отмечалось, что рост населения Земли на протяжении всей истории человечества подчинялся универсальной закономерности развития по гиперболе (4), завершившись взрывным ростом населения в XX в. Затем в 1962–1963 гг. произошёл фазовый переход при резком изменении всего хода развития человечества. Достигнув максимума в 2.2% в год, относительные темпы роста населения начали плавно замедляться и сегодня составляют примерно 1.03% в год, снизившись за последние 60 лет более чем в 2 раза. Это позволяет утверждать, что в XX в. начался глобальный демографический переход, который продолжается и поныне. Причём связан он с наступлением предела относительной скорости роста демографической системы человечества, поскольку произошёл в условиях дальнейшего неуклонного роста душевых доходов. Этот факт опровергает мальтузианский популяционный принцип, согласно которому причины замедления роста человечества тесно связаны с внешними ресурсами. В результате мы приходим к выводу о том, что рост численности населения Земли на протяжении десятков тысяч лет зависел только от самой численности и никак не связан ни с какими другими внешними факторами (окружающая среда, производительные силы и ресурсные ограничения).

Всё это позволило С.П. Капице сформулировать феноменологический принцип демографического императива, согласно которому численный рост человечества определяется собственно населением мира и развитием его сознания [9, с. 12]. Популяционный же принцип Мальтуса исходит из того, что предел роста задают внешние ресурсы – земля, энергия и пища. Демографический императив означает признание первостепенной и самодостаточной роли демографических процессов в истории развития человечества, постулирование демографической обусловленности других базовых глобальных процессов – технологического прогресса, социально-экономического развития и пр. Капица рассматривает население мира как единое целое, как развивающуюся взаимосвязанную сложную динамическую систему, в которой действует общий механизм, управляющий развитием всей системы путём коллективного взаимодействия. Последнее, по мысли Капицы, происходит с помощью механизма распространения и размножения обобщённых знаний в глобальном сетевом информационном сообществе [9, с. 17]. Действительно, информационная сеть – древнейший механизм мир-системной интеграции, она играла исключительно важную роль в распространении технологических инноваций на протяжении всей истории эволюции [19, с. 117–120; 20]. Исходя из этого, Капице впервые удалось опи-

сать глобальный демографический переход человечества простой и изящной формулой [10; 9, с. 22]:

$$N_K(t) = K^2 \operatorname{arccctg} \left(\frac{T_1 - t}{\tau} \right), \quad K^2 = \frac{C}{\tau}, \quad (5)$$

где $N_K(t)$ – текущее значение численности населения Земли по Капице, K – постоянная Капицы, $T_1 = 1995 \text{ г.}$, $\tau = 45 \text{ лет}$, $C = 163 \cdot 10^9$, $K = 60100$. При этих значениях параметров из формулы следует, что численность населения мира асимптотически стремится к $N_{Kmax} = \pi K^2 \cong 11.36$ млрд человек. Формула Капицы (5) описывает эволюционный режим роста человечества и справедлива при допущении неограниченной несущей способности биосферы Земли. Следовательно, N_{max} является максимально возможной численностью населения. График кривой роста численности человечества, рассчитанный по эволюционной демографической модели Капицы на 1–2008 гг. [21], наряду с фактическими данными (обозначены точками), представлен на рисунке 1. Как видно из рассмотрения реальной траектории роста населения Земли, в последние 500 лет он шёл с ускорением и лишь в 1960-е годы замедлился. Очевидно, что количество жителей нашей планеты будет продолжать расти, но при всё большем снижении темпа, пока не завершится демографический переход. Как установил Капица [9–11], этот процесс продлится вплоть до 2050-х годов, причём он имеет исключительно эндогенное происхождение, обусловленное механизмом самоорганизации человечества.

С.П. Капица был первым, кто для объяснения феномена гиперболического роста населения Земли предложил информационную гипотезу, согласно которой социальное взаимодействие людей, их совокупный опыт, распространение и передача из поколения в поколение знаний, обычаев и культурных ценностей определяют эволюцию человечества и скорость роста населения [9, 11]. М.Б. Долгонос [22], продолжая идеи Капицы, рассматривает человеческую цивилизацию как открытую эволюционирующую систему, наделённую памятью и способную производить и накапливать информацию. Исходя из этого, он сформулировал информационный императив, в соответствии с которым глобальные демографические, технологические, экономические и другие процессы подстраиваются под изменение объёма накопленной человечеством информации, что выводит именно информацию на уровень главной движущей силы развития человечества в XXI в. Долгонос идёт дальше и формулирует информационную парадигму следующим образом: “Информация представляет собой самостоятельную развивающуюся сущность, которая на разных этапах своей эволюции может использовать разные виды производителей и базироваться на разных носителях” [22, с. 51].

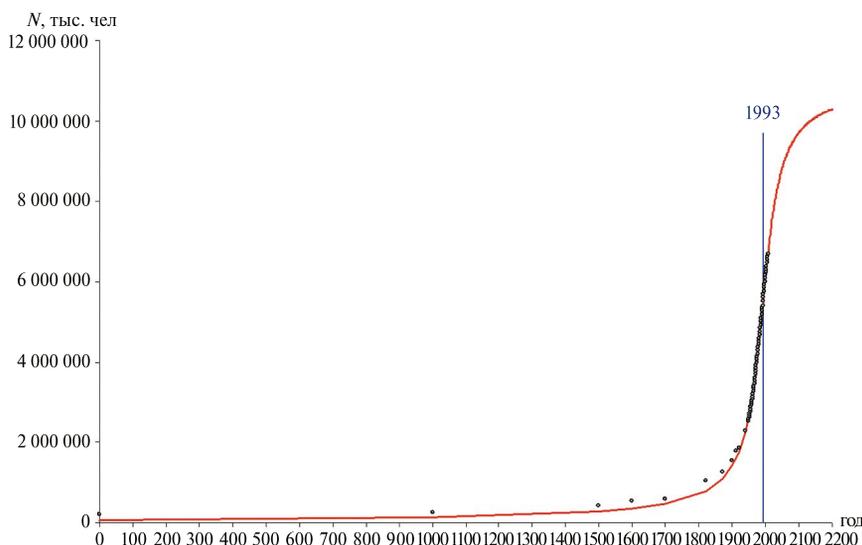


Рис. 1. Глобальная демографическая динамика [21] и эволюционная модель роста численности населения Мир-Системы [10]

Если исходить из приведённого определения, то в дальнейшем именно информация будет выступать в качестве движущей силы эволюции, выбирая среди разных конкурирующих видов наиболее производительные и регулируя их численность. До последнего времени таковым являлся человек. Но теперь у него появляются конкуренты в виде интеллектуальных машин (ИМ), которые в ряде областей, связанных с анализом, обработкой и производством информации уже превосходят человека [17, 23]. Поэтому можно предположить, что ИМ будут не только отбирать у людей рабочие места средней и высокой квалификации [18, 24], но и способствовать сокращению численности населения Земли, выполняя всё большую часть работы по производству и использованию информации. Если данный про-

гноз осуществится, то начнётся глобальная депопуляция, для которой нет прецедентов в прошлом. А сокращение населения Земли и его старение могут привести к началу деградации человечества, поскольку его прогрессивное развитие с древнейших времён до настоящего времени всегда шло рука об руку с перманентным ростом численности жителей планеты [4, 19].

Как уже говорилось, формула Капицы (5), описывающая глобальный демографический переход, была получена исходя из демографически-информационного императива и допущения бесконечной вмещающей ёмкости биосферы Земли. Она предполагает максимально возможную потенциальную численность человечества в XXI–XXII вв. Ещё раз отметим, что с началом компьютерной эпохи

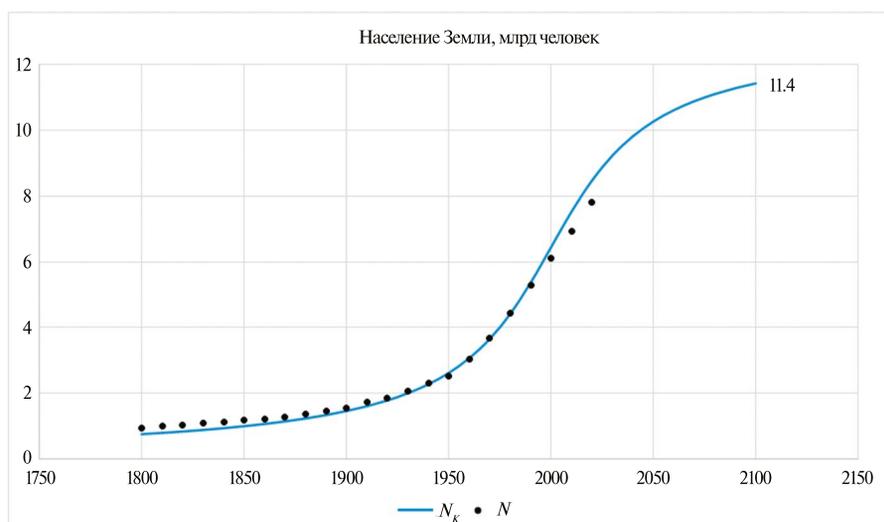


Рис. 2. Динамика роста численности населения Земли в XIX–XXI вв.

в 1950-х годах часть работы по анализу, обработке и производству информации передаётся компьютерам, затем информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ), ИМ и далее ИИ, причём во всё возрастающем объёме. В результате востребованная информационным императивом численность населения $N_H(t)$ начинает уменьшаться, то есть $N_H < N_K$. Действительно, это наблюдается на рисунке 2, где представлена кривая глобального демографического перехода, определяемая формулой Капицы (5), наряду с фактической точечной кривой $N(t)$ роста численности человечества вплоть до 2020 г. Как видим, фактическая кривая роста населения Земли оторвалась от кривой Капицы сразу же после 1980-х годов, то есть с началом информационной эпохи.

Скорость роста информации $q(t)$ связана с численностью её производителей $N_K(t)$ следующей формулой [22, с. 49]:

$$q(t) = \frac{dQ}{dt} = \omega N_K(t), \quad \omega = \text{const}. \quad (6)$$

В ней информация $Q(t)$ выступает в качестве движущей силы эволюции, выбирая производителей информации как среди людей $N_H(t)$, так и среди интеллектуальных машин. С другой стороны, согласно М. Кремеру [25] и А.В. Подлазову [26, 27] рост численности населения Земли на протяжении всей истории человечества определялся технологическим прогрессом. А в других работах [19, 28] было показано, что в качестве индекса технологического развития наиболее подходящей величиной является общее число изобретений и открытий $Q(t)$, сделан-

ных к интересующему моменту времени t , то есть $T(t) \sim Q(t)$. Этот индекс одновременно характеризует и объём технологической информации в формуле (6). Важно, что для изобретений и открытий, сделанных человечеством с древнейших времён, имеются надёжные базы данных, наиболее полной из которых считается база данных, составленная Б. Банчем и А. Хеллемансом [29] и охватывающая весь период развития человеческой цивилизации вплоть до начала XXI в. Эта база данных была уточнена, дополнена, калибрована и доведена до 2020 г. Л.Е. Грининым, А.В. Коротяевым, С.Ю. Малковым и их коллегами [30]. График движения глобальной скорости $q(t)$ роста количества изобретений и открытий представлен на рисунке 3, где $q(t)$ – фактическая ломаная кривая, $\bar{q}(t)$ – аппроксимирующая гладкая кривая.

Неудивительно, что среди S -образных гладких функций именно формула Капицы (5) идеально подошла для аппроксимации $q(t)$ [31]:

$$\bar{q}(t) = \bar{K}^2 \text{arccctg} \left(\frac{\bar{T}_K - t}{\bar{\tau}} \right). \quad (7)$$

С помощью метода наименьших квадратов (МНК) были получены следующие оценки для постоянных параметров:

$$\bar{K} = 10; \quad \bar{\tau} = 69; \quad \bar{T}_K = 1854; \quad R^2 = 0.95.$$

Отсюда уже нетрудно определить функцию $\bar{Q}(t)$, аппроксимирующую $Q(t)$. Учитывая формулы (6) и (7), получаем:

$$\begin{aligned} \bar{Q}(t) &= Q_0 + \int_{T_0}^t q(t') dt' = Q_0 + \int_{T_0}^t \bar{K}^2 \text{arccctg} \left(\frac{\bar{T}_K - t'}{\bar{\tau}} \right) dt' = \\ &= Q_0 + \bar{K}^2 \left\{ (\bar{T}_K - t) \text{arccctg} \left(\frac{\bar{T}_K - t}{\bar{\tau}} \right) + \frac{\bar{\tau}}{2} \ln \left[\bar{\tau}^2 + (\bar{T}_K - t)^2 \right] - \right. \\ &\quad \left. - (\bar{T}_K - T_0) \text{arccctg} \left(\frac{\bar{T}_K - T_0}{\bar{\tau}} \right) - \frac{\bar{\tau}}{2} \ln \left[\bar{\tau}^2 + (\bar{T}_K - T_0)^2 \right] \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

В работе [31] было показано, что

$$N_H(t) = \gamma \frac{N_K(t)}{Q(t)}, \quad \gamma = \text{const}. \quad (9)$$

Здесь γ – нормировочный коэффициент, который определяется МНК из условия совпадения $N_H(t)$ на стадии информационной эпохи (1980–2020) с фактическими данными численности населения мира, представленными на рисунке 2 дискретными точками. Что же касается $N_K(t)$ – её траектория рас-

считывается по формуле Капицы (5) и представлена графически на рисунке 2 сплошной линией. Прогнозная траектория $N_H(t)$ в цифровую эпоху (2025–2100), рассчитанная по формуле (9) с учётом (8), представлена на рисунке 4.

Как видно из рисунка, численность населения Земли, достигнув в 2050 г. максимальной величины 8.73 млрд человек, затем начнёт неуклонно сокращаться, снизившись к 2100 г. до 7.9 млрд. Это произойдёт прежде всего вследствие того, что всё большую часть основной работы людей по обра-

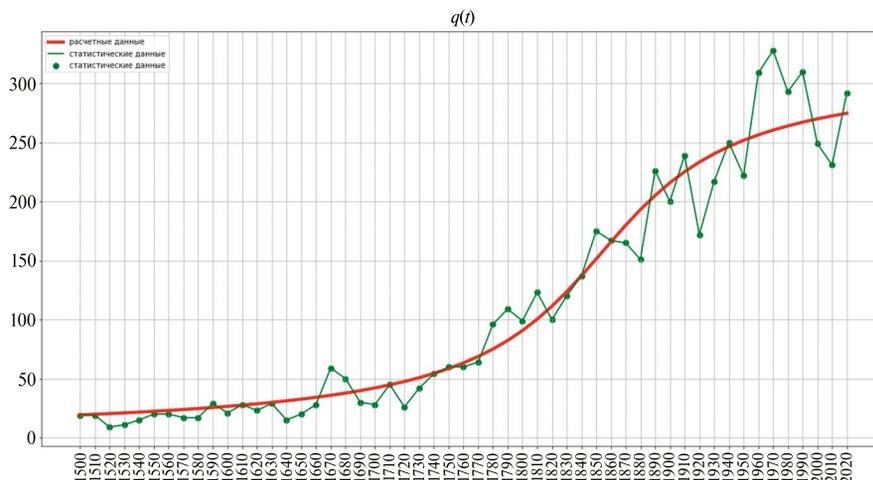


Рис. 3. Графики движения глобальной скорости роста количества изобретений и открытий

ботке, производству и использованию информации для реализации целей развития будут выполнять интеллектуальные машины. Таким образом, в первой половине XXI в. человек ещё остаётся главной движущей силой развития цивилизации, но затем передаёт эстафету ИМ. В этой связи человечество должно предпринять решительные меры, чтобы противостоять процессу информационной депопуляции, прежде всего путём преодоления нынешнего чрезмерного социального и экономического неравенства, обеспечения максимального роста человеческого капитала на основе всемерного повышения качества доступного образования и здравоохранения, а также формирования трудового симбиоза “человек+ИМ” [32], сберегающего рабочие места для людей и повышающего общую производительность симбиоза.

ЧТО ОЖИДАЕТ ЧЕЛОВЕЧЕСТВО В БИФУРКАЦИОННОЕ ВРЕМЯ?

Итак, мир стоит на пороге величайшего технологического прорыва в истории человечества — создания универсального ИИ, превосходящего человеческий интеллект. Этот прорыв, как отмечалось выше, может состояться в 2027–2029 гг. ИИ уже стал незаменимым инструментом во многих областях, где для принятия решения требуется выполнить анализ и обработку гигантских массивов данных (информации), называемых большими данными. В качестве примеров можно привести управление беспилотными автомобилями и летательными аппаратами, диагностику болезней, а в науке — анализ движения звёздных скоплений, обработку результатов экспериментов по столкновению элементарных частиц на

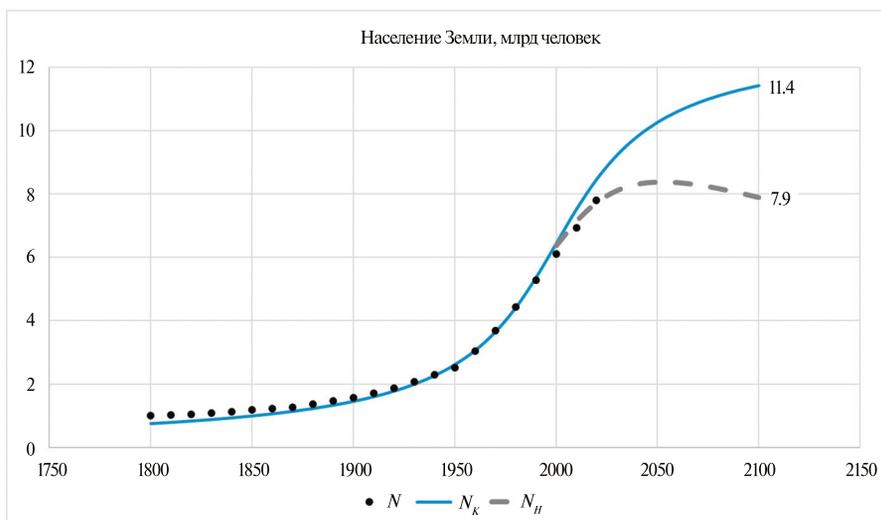


Рис. 4. Демографическая динамика мира в XXI в. под влиянием широкого использования интеллектуальных машин

Большом адронном коллайдере, синтез лекарственных молекул с заданными свойствами из большого числа различных атомов. Эти ряды примеров можно легко продолжить. Ситуация в этой сфере меняется стремительно: с каждым годом ИИ становится всё более мощным инструментом, а зависимость людей от него увеличивается. Пока ИИ остаётся подконтрольным человеку и приносит огромную пользу. Однако мы живём в переходный период, когда он перестаёт быть просто инструментом в руках человека и начинает превращаться в самостоятельную силу. У многих возникают опасения, что может произойти потеря контроля над ИИ, ведь современные интеллектуальные машины уже способны обучаться и адаптироваться самостоятельно, что постепенно делает их всё более независимыми от человека.

Если прогнозы экспертов по развитию ИИ сбываются и в 2027–2029 гг. будет создан ИИ человеческого уровня (УЧИ), то человечество вступит в эпоху технологической сингулярности, когда УЧИ постепенно трансформируется в ИСИ – искусственный сверхинтеллект [13]. Некоторые эксперты утверждают, что УЧИ будет способен совершенствоваться до уровня ИСИ всего за несколько месяцев или даже недель. Однако они не учитывают того, что отправной точкой для появления ИСИ является возможность самовоспроизведения и саморазвития УЧИ, а для этого, кроме усовершенствования вычислительных алгоритмов и программ, требуется ещё наличие полностью автоматизированных производств нано- и биочипов, сенсорных датчиков и множества других компонентов с автономным ресурсным обеспечением. А такие производства, получившие название индустрии Х.О [33], появятся не ранее середины 2030-х годов. Эпоха технологической сингулярности одновременно является бифуркационным временем, поскольку, исходя из возможностей контроля человека над ИИ, эволюция человечества пойдёт либо по пути восходящей прогрессивной ветви, либо по нисходящей, то есть по пути деградации. Длительность этой эпохи весьма непродолжительна – всего 15–20 лет, это всего лишь точка на траектории многомиллионнолетней эволюции человечества. Это самый короткий, но и самый ответственный фазовый переход на пути развития цивилизации. Возникает судьбоносный вопрос: сумеет ли человечество мобилизовать свой коллективный разум, чтобы обеспечить безусловный и надёжный контроль над ИИ и направить эволюционное развитие по восходящей?

Если человечеству удастся установить полный контроль над УЧИ, то у него появится шанс создать симбиотическую среду, где человек и ИИ будут гармонично дополнять друг друга, но человек останется ведущим в этом симбиозе, который станет основной движущей силой стабильно развивающейся высокопроизводительной цифровой экономики. И только от правительств будет зависеть справедливое распределение растущих доходов, чтобы обеспечить

благополучие и достаток большинства населения. Если ИИ будет выступать в роли усилителя когнитивных способностей человека, такой симбиоз откроет совершенно новые горизонты научного познания: появятся новые фантастические научные открытия и будут решены глобальные проблемы, стоящие перед человечеством. В области культуры мы станем свидетелями рождения нового вида искусства, являющегося результатом гибрида человеческой креативности и машинной эффективности. Искусство – это прежде всего способ познания мира, способ самовыражения, способ задавать вопросы природе и искать ответы на них. Всё это присуще человеку, но пока недоступно ИИ. Поэтому, когда объединятся творческие усилия человека и огромный потенциал ИИ, возможно, наступит эпоха новой культурной революции.

Напротив, если ИИ по какой-либо причине станет конкурентом человека, отнимая у него работу и вытесняя его из социальной жизни, тогда эволюция человечества уже в бифуркационное время пойдёт по пути деградации. Причём на начальном этапе это может произойти исключительно целенаправленными усилиями компаний, владеющих продвинутыми моделями ИИ. Если люди не будут активно бороться с негативными последствиями использования ИИ, даже непреднамеренная зависимость от него в повседневной жизни может привести к нарастающему снижению самостоятельности и креативности человека. А широкое и систематическое применение ИИ-ассистента поведёт к массовому падению уровня человеческого интеллекта и потере аналитических навыков. Что касается компаний, владеющих монопольным управлением ИИ, они легко могут сделать из своих пользователей марионеток, манипулируя их мнением, занимаясь лоббированием своих интересов. Таким образом, ИИ может вскоре стать самым мощным инструментом информационного влияния. Уже сегодня генеративные модели позволяют формировать разветвлённые и распределённые информационные сети, влияя на поведение людей, манипулируя общественным мнением и создавая геополитические преимущества одних стран над другими.

С самого начала работ по созданию ИИ было ясно, что неконтролируемый человеком искусственный интеллект представляет опасность для человечества. Это понимал и пионер в области исследования ИИ американский учёный Дж. Маккарти, который придумал термин ИИ в 1956 г. [34, с. 30]. Однако первым, кто осознал масштабы потенциальной опасности ИИ для людей, был англичанин И. Гуд – ближайший соратник знаменитого английского математика А. Тьюринга, создавшего в годы Второй мировой войны самую эффективную дешифровальную машину под названием «Колосс». Именно Тьюрингу принадлежит первая научная работа, где высказана идея создания вычислительной

машины с интеллектом [34, с. 24]. Потенциальную опасность УЧИ Гуд увидел в стремительном рекурсивном самосовершенствовании, позволяющем ИИ быстро прокачать себя с человеческого уровня до уровня сверхинтеллекта, которое он назвал “процессом взрывного создания искусственного сверхразума”, или “интеллектуальным взрывом” [35, с. 114, 119]. Размышляя о последствиях создания ультраразумных машин в середине 1960-х годов, Гуд пришёл к выводу, что они станут последним изобретением человека, поскольку в дальнейшем будут удовлетворять все его потребности [35, с. 119]. Гуд придавал большое значение созданию ИСИ, он полагал, что если вычислительная машина помогла в годы войны, то сверхразумные машины могли бы помочь решить глобальные проблемы человечества в конце XX в. и способствовать выживанию цивилизации. Вместе с тем Гуд остро чувствовал опасность: сверхразумные машины могут действовать против человечества.

Гуд никогда не использовал термин “сингулярность”, но его постулат о неизбежности создания сверхразумной машины и её позитивной роли в истории человечества положил начало дискуссиям о сингулярности. Известный математик и писатель-фантаст В. Виндж в 1993 г. впервые использовал слово “сингулярность” при описании взрывного технологического развития будущего [35, с. 134]. Он также полагал, что скачок от интеллекта человеческого уровня к сверхинтеллекту, благодаря положительной обратной связи через самосовершенствование, может произойти стремительно и неконтролируемым образом. Однако за сингулярностью он видел “чёрную дыру”, куда не заглянуть. Виндж считал, что человек не в состоянии предсказать, к чему приведёт развитие за точкой сингулярности, ведь чтобы судить об этом, нужно обладать интеллектом по крайней мере равным ИИ: “Это проблема, с которой мы сталкиваемся всякий раз, когда говорим о создании разума более высокого, чем наш собственный. Когда это произойдёт, человеческая история достигнет своего рода точки сингулярности — места, где экстраполяции теряют смысл и где не обойтись без введения новых моделей — и мир выйдет за пределы нашего понимания” [35, с. 135]. Исходя из непрозрачности будущего, Виндж сделал вывод о том, что технологическая сингулярность несёт угрозу человечеству и может привести к его гибели.

Идею Винджа подхватил Р. Курцвейл, но трансформировал её радикальным образом. В книге “Сингулярность рядом” [6], ставшей бестселлером, он предложил инструменты экстраполяции для эпохи сингулярности и разглядел там яркий, полный надежд период человеческой истории. По Курцвейлу, эпоха сингулярности в XXI в. обещает стать эпохой процветания, когда симбиоз между человеческим разумом и ИИ фундаментально из-

менит и улучшит жизнь людей на Земле. В отличие от Гуда и Винджа, Курцвейл предложил объединённую теорию технологической эволюции, чтобы прогнозировать события и глобальные процессы в эпоху сингулярности. Эта теория получила название “закона ускорения отдачи” (ЗУО) [13, с. 287]. Суть её заключается в том, что параметры развития информационных технологий, включая цифровые технологии и ИИ, следуют по экспоненциальной траектории, опровергая, по мнению Курцвейла, общепризнанное суждение, что мы не можем предсказать будущее. Действительно, до сих пор, начиная с электронной компьютерной эры, все информационные технологии, в полном соответствии с широко известным законом Мура, прогрессируют по экспоненциальной траектории [13]. Взяв за основу закон Мура, Курцвейл разработал ЗУО для описания эволюции любого процесса, в котором движущей силой являются информационные технологии.

Позитивная сингулярность Курцвейла не требует интеллектуального взрыва. ЗУО гарантирует появление УЧИ, а затем и ИСИ в качестве естественного технологического достижения, тогда как, с точки зрения Гуда, для достижения ИСИ взрывного роста интеллекта требуется самовоспроизводящийся УЧИ. Пользуясь ЗУО, Курцвейл дал прогноз даты создания УЧИ — 2029 г. [35, с. 162]. Далее он прогнозирует появление ИСИ через 16 лет после этого события — в 2045 г. Это будет означать наступление технологической сингулярности, когда скорость технологической эволюции превзойдёт способность человеческого разума контролировать ИСИ и управлять им. Курцвейл предполагает, что к тому времени человечество сольётся с интеллектуальными машинами и таким образом уцелеет. По сути, Курцвейл является сторонником первой симбиотической ветви развития человеческой эволюции в эпоху сингулярности. Однако большинство экспертов склоняются к тому, что будущее всё же будет принадлежать ИИ. В частности, автор многократно процитированной здесь книги Д. Баррат [35] настойчиво предупреждает о том, что неконтролируемый ИСИ вполне способен уничтожить человечество, поэтому он призывает прежде всего разработать эффективные меры контроля. По признанию ведущих разработчиков современных генеративных моделей ИИ на основе глубокого обучения нейронных сетей [17, 23], таких мер в настоящее время не существует.

* * *

Успехи больших генеративных языковых моделей ИИ [17, 23, 36] способствовали тому, что множество компаний по всему миру сегодня работают над созданием УЧИ в напряжённом конкурентном режиме, причём без соблюдения мер безопасности. Началось также соревнование между крупнейшими державами мира. Президент США Д. Трамп, едва

заявив повторно Белый дом, в числе первых судьбоносных для Америки решений запустил проект Stargate (“Звёздные врата”) по формированию экосистемы, достаточной для создания УЧИ. Реализацией данного проекта займётся консорциум из числа лидирующих технологических гигантов США во главе с компанией OpenAI, создавшей знаменитую генеративную языковую модель ИИ ChatGPT, и японской инвестиционной компанией SoftBank. В консорциум вошли такие известные компании, как Oracle, Nvidia и Microsoft: Nvidia будет поставлять свои знаменитые графические процессоры, Oracle – обеспечивать облачную инфраструктуру вычислений, а Microsoft – программное обеспечение. Предполагается, что этот симбиоз технологических гигантов, каждый из которых привнесёт в проект свой уникальный опыт и ресурсы, породит мощную синергию, достаточную для создания УЧИ. Президент Д. Трамп сразу же объявил, что срок реализации проекта четыре года, до окончания срока его президентства, а первоначальный объём финансирования – 500 млрд долл.

Беспрецедентные цели и объём финансирования проекта Stargate заставляют сравнивать его с историческим Манхэттенским проектом по созданию первой атомной бомбы в США. Любопытно, что Япония, наиболее пострадавшая от него, теперь становится ключевым участником нового проекта. Естественно, возникает вопрос: не приведёт ли такая концентрация ресурсов в руках небольшой группы компаний к созданию технологической монополии в сфере ИИ, к увеличению технологического разрыва между компаниями и странами? Цели Белого дома очевидны – создать в этой ключевой сфере технологическую монополию США как государства, стремящегося к усилению своей власти во всех регионах мира. Очевидно, что ИИ больше не является рядовой технологией: это инструмент, способный изменить баланс сил в глобальной экономике и безопасности. Системы на основе ИИ уже весьма эффективно используются для управления БПЛА, анализа разведанных, моделирования и прогнозирования конфликтов и кибербезопасности. Та страна, которая создаст более совершенный ИИ, получит преимущество во всех сферах – от экономики до военного дела.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-11-00160).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Моисеев Н.Н.* Современный рационализм. М.: МГВП КОКС, 1995.
Moiseev N.N. Modern rationalism. Moscow: MGVP KOKS, 1995. (In Russ.)

2. *Панов А.Д., ЛеПуар Д., Коротаев А.В., Гринин Л.Е.* Введение. Сингулярность XXI века в перспективе Большой истории // Эволюция: Эволюционные грани сингулярности / Под ред. Л.Е. Гринина, А.В. Коротаева. Волгоград: Учитель, 2020. С. 5–18.
Panov A.D., LePoire D., Korotayev A.V., Grinin L.E. Introduction. The 21st century Singularity in the Big History perspective // Evolution: Evolutionary facets of singularity / Ed. by L.E. Grinin, A.V. Korotayev. Volgograd: Uchitel, 2020. Pp. 5–18. (In Russ.)
3. *Panov A., LePoire D., Korotayev A.* The 21st century Singularity in the Big History perspective. An overview // The 21st century Singularity and global futures. A Big History perspective / Ed. by A. Korotayev, D. LePoire. Cham: Springer Nature, 2020. Pp. 1–18. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33730-8_1
4. *Korotayev A.* The 21st century Singularity in the Big History perspective. A re-analysis // The 21st century Singularity and global futures. A Big History perspective. / Ed. by A. Korotayev, D. LePoire. Cham: Springer Nature, 2020. Pp. 19–75. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33730-8_2
5. *Modis T.* Forecasting the Growth of Complexity and Change // Technological Forecasting and Social Change. 2002, 69(4), pp. 377–404.
6. *Kurzweil R.* The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology. New York: Viking Penguin, 2005.
7. *Панов А.Д.* Сингулярная точка истории // Общественные науки и современность. 2005. № 1. С. 122–137.
Panov A.D. Singular point of history // Social sciences and modernity. 2005, no. 1, pp. 122–137. (In Russ.)
8. *Коротаев А.В.* О взаимосвязи между формулой увеличения планетарной сложности и уравнением гиперболического роста численности населения Земли // Эволюция: Эволюционные грани сингулярности / Под ред. Л.Е. Гринина, А.В. Коротаева. Волгоград: Учитель, 2020. С. 245–262.
Korotayev A.V. On the relationship between the formula for increasing planetary complexity and the equation of hyperbolic growth of the Earth’s population // Evolution: Evolutionary facets of singularity / Ed. by L.E. Grinin, A.V. Korotayev. Volgograd: Uchitel, 2020. Pp. 245–262. (In Russ.)
9. *Капица С.П.* Очерк теории человечества. Демографическая революция и информационное общество. М.: ЛЕНАНД, 2008.
Kapitza S.P. Essay on the theory of humanity. Demographic revolution and information society. Moscow: LENAND, 2008. (In Russ.)
10. Капица С.П. Математическая модель роста населения мира // Математическое моделирование. 1992. Т. 4. № 6. С. 65–79.
Kapitza S.P. Mathematical model of world population growth // Mathematical modeling. 1992, vol. 4, no. 6, pp. 65–79. (In Russ.)

11. *Kapitza S.* Global population blow-up and after. Report to the Club of Rome. Hamburg: Global Marshall Plan Initiative, 2006.
12. *Korotayev A.* How singular is the 21st century Singularity // The 21st century Singularity and global futures. A Big History perspective / Ed. by A. Korotayev, D. LePoire. Cham: Springer Nature, 2020. Pp. 571–595. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33730-8_26
13. *Курцвейл Р.* Эволюция разума. М.: “Э”, 2015.
Kurzweil R. Evolution of the mind. Moscow: “E”, 2015. (In Russ.)
14. *Буровский А.М.* Очередная планетарная революция или уникальная сингулярность // Эволюция: Эволюционные грани сингулярности / Под ред. Л.Е. Гринина, А.В. Коротаева. Волгоград: Учитель, 2020. С. 304–348.
Burovsky A.M. Another Planetary Revolution or a Unique Singularity // Evolution: Evolutionary Facets of Singularity / Ed. by L.E. Grinin, A.V. Korotaev. Volgograd: Uchitel, 2020. Pp. 304–348. (In Russ.)
15. *Назаретян А.П., Карнацкая Л.А.* Историко-психологическая подоплёка глобальных вызовов // Развитие личности. 2017. № 2. С. 20–46.
Nazaretyan A.P., Karnatskaya L.A. Historical and Psychological Background of Global Challenges // Personal Development. 2017, no. 2, pp. 20–46. (In Russ.)
16. *Панов А.Д.* Заметки о сингулярности и эволюции // Эволюция: Эволюционные грани сингулярности / Под ред. Л.Е. Гринина, А.В. Коротаева. Волгоград: Учитель, 2020. С. 349–360.
Panov A.D. Notes on Singularity and Evolution // Evolution: Evolutionary Facets of Singularity / Ed. by L.E. Grinin, A.V. Korotaev. Volgograd: Uchitel, 2020. Pp. 349–360. (In Russ.)
17. *Сейновски Т.* Антология машинного обучения: важнейшие исследования в области ИИ за последние 60 лет. М.: Эксмо, 2022.
Sejnowski T. Anthology of Machine Learning: The Most Important Research in AI of the Past 60 Years. Moscow: Eksmo, 2022. (In Russ.)
18. *Бутл Р.* Искусственный интеллект и экономика: Работа, богатство и благополучие в эпоху мыслящих машин. М.: Альпина ПРО, 2023.
Bootle R. Artificial Intelligence and the Economy: Work, Wealth, and Well-Being in the Age of Thinking Machines. Moscow: Alpina PRO, 2023. (In Russ.)
19. *Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А.* Законы истории. Математическое моделирование развития Мир-Системы: Демография, экономика, культура. М.: КомКнига / URSS, 2007.
Korotayev A.V., Malkov A.S., Khalturina D.A. Laws of History. Mathematical Modeling of World System Development: Demography, Economy, Culture. Moscow: KomKniga / URSS, 2007. (In Russ.)
20. *Korotayev A.* A Compact Macromodel of World System Evolution // Journal of World-Systems Research. 2005, vol. 11(1), pp. 79–93. <https://doi.org/10.5195/jwsr.2005.401>
21. *Maddison A.* Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD. <http://www.ggdc.net/MADDISON/oriindex.htm>
22. *Долгоносков Б.М.* Нелинейная динамика экологических и гидрологических процессов. М.: ЛИБРОКОМ, 2009.
Dolgonosov B.M. Nonlinear Dynamics of Ecological and Hydrological Processes. Moscow: LIBROKOM, 2009. (In Russ.)
23. *Лекун Я.* Как учится машина: Революция в области нейронных сетей и глубокого обучения. М.: Альпина ПРО, 2025.
Lekun J. How a Machine Learns: The Revolution in Neural Networks and Deep Learning. Moscow: Alpina PRO, 2025. (In Russ.)
24. *Сасскинд Д.* Будущее без работы. Технология, автоматизация и стоит ли их бояться. М.: Индивидуум, 2021.
Susskind D. The Future Without Work. Technology, Automation, and Should We Fear Them? Moscow: Individuum, 2021. (In Russ.)
25. *Kremer M.* Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990 // Quarterly Journal of Economics. 1993, vol.108, August, pp. 681–716.
26. *Подлазов А.В.* Теоретическая демография. Модели роста народонаселения и глобального демографического перехода // Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие / Под ред. Г.Г. Малинецкого, С.П. Курдюмова. М.: Наука, 2002. С. 324–345.
Podlazov A.V. Theoretical demography. Models of population growth and global demographic transition // New in synergetics. A look into the third millennium / Ed. by G.G. Malinetsky, S.P. Kurdyumov. Moscow: Nauka, 2002, pp. 324–345. (In Russ.)
27. *Подлазов А.* A theory of the global demographic process // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017, vol. 87(3), pp. 256–266. <https://doi.org/10.1134/S1019331617030054>
28. *Grinin L., Grinin A., Korotayev A.* A quantitative analysis of worldwide long-term technology growth: From 40,000 BCE to the early 22nd century // Technological Forecasting and Social Change. 2020, vol. 155, pp. 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119955>
29. *Bunch B.H., Hellemans A.* The History of Science and Technology. N.Y.: Houghton Mifflin Company, 2004.
30. *Akaev A., Malkov S., Grinin L. et al.* Modeling social self-organization and historical dynamics. Modern society and a look into the global futures: Cybernetic W-society // Reconsidering the limits to growth. / Ed. by V. Sadvonichy et al. Cham: Springer Nature, 2023. Pp. 419–460. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34999-7_19

31. *Акаев А.А., Садовничий В.А.* Математическая модель для прогнозирования глобальной демографической динамики в эпоху использования интеллектуальных машин // Вестник РАН. 2022. Т. 92. № 9. С. 877–884.
Akaev A.A., Sadovnichy V.A. Mathematical model for forecasting global demographic dynamics in the era of intelligent machines // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2022, vol. 92, no. 9, pp. 877–884. (In Russ.)
32. *Акаев А.А., Садовничий В.А.* Человеческий фактор как определяющий производительность труда в эпоху цифровой экономики // Проблемы прогнозирования. 2021. № 1. С. 45–58.
Akaev A.A., Sadovnichy V.A. The human factor as a determinant of labor productivity in the era of the digital economy // Problems of Forecasting. 2021, no. 1, pp. 45–58. (In Russ.)
33. *Шеффер Э. Индустрия Х.О.* Преимущества цифровых технологий для производства. М.: Точка, 2019.
Schaeffer E. Industry X.O. Advantages of digital technologies for production. Moscow: Tochka, 2019. (In Russ.)
34. *Таулли Т.* Основы искусственного интеллекта: нетехническое введение. СПб.: БХВ-Петербург, 2021.
Taulli T. Fundamentals of Artificial Intelligence: A Non-Technical Introduction. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2021. (In Russ.)
35. *Баррат Дж.* Последнее изобретение человечества: Искусственный интеллект и конец эры Homo sapiens. М.: Альпина нон-фикшн, 2015.
Barratt J. The Last Invention of Humanity: Artificial Intelligence and the End of the Homo Sapiens Era. Moscow: Alpina non-fiction, 2015. (In Russ.)
36. *Вольфрам С.* Как устроен ChatGPT? М.: МИФ, 2024.
Wolfram S. How does ChatGPT work? Moscow: MIF, 2024. (In Russ.)

THE WORLD IS ON THE EDGE OF THE ERA OF TECHNOLOGICAL SINGULARITY. HOW WILL THE TRENDS OF BASIC GLOBAL PROCESSES AND THE EVOLUTION OF HUMANITY CHANGE

A.A. Akaev^{a,b,*}, I.V. Ilyin^{a,**}, A.V. Korotayev^{a,b,***}

^aLomonosov Moscow State University, Faculty of Global Processes, Moscow, Russia

^bNational Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

*E-mail: askarakaev@mail.ru

**E-mail: molsovet-msu@yandex.ru

***E-mail: akorotayev@gmail.com

The article considers the probability of creating an artificial general intelligence (AGI) by 2027–2029 and the onset of the era of technological singularity, when a fundamental change in the mechanism of human evolution will occur. Such a probability is close to one, since these dates surprisingly coincide with the dates of the evolutionary singularity. The article discusses changes in the development trends of such key global processes as demographic dynamics and technological progress generated by the interaction of humans and AGI, as well as various scenarios for the development of human evolution in the era of singularity – a bifurcation time limited to 15–20 years. The active formation of the “human + AI” symbiosis as the leading force of development in all spheres of activity will allow humanity to follow a progressive branch of evolution.

Keywords: technological revolution, progress, singularity, bifurcation time, evolutionary development hyperbolic law, evolutionary singularity, digital technologies, artificial intelligence, big data, demographic and information imperatives, human-intelligent machine symbiosis.

ЛИТИЕНОСНЫЕ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫЕ ГЛУБИННЫЕ РАССОЛЫ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОЙ ПРОВИНЦИИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2025 г. В.В. Болдырев^{a,*}, Н.М. Буйнов^{b,**}, А.Г. Вахромеев^{c,***},
Н.П. Коцупало^{d,****}, А.М. Кочнев^{b,*****}, Л.Т. Менжерес^{d,*****},
А.Д. Рябцев^{d,*****}, В.И. Титаренко^{d,*****}, Е.О. Чертовских^{b,*****}

^aИнститут химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, Новосибирск, Россия

^bООО “Иркутская нефтяная компания”, Иркутск, Россия

^cИнститут земной коры СО РАН, Иркутск, Россия

^dООО “Экостар-Наутех”, Новосибирск, Россия

*E-mail: v.boldyrev1@g.nsu.ru

**E-mail: president@irkutskoil.ru

***E-mail: andrey_igp@mail.ru

****E-mail: nautech@mail.ru

*****E-mail: Kochnev_AM@irkutskoil.ru

*****E-mail: nautech@mail.ru

*****E-mail: nautech@mail.ru

*****E-mail: nautech@mail.ru

*****E-mail: chertovskih_eo@irkutskoil.ru

Поступила в редакцию 20.12.2024 г.

После доработки 16.04.2025 г.

Принята к публикации 05.06.2025 г.

В статье на примере сотрудничества бизнеса с академической и прикладной наукой показано, как может быть решена проблема промышленного освоения нетрадиционных по составу гидроминеральных литиеносных сырьевых источников в виде глубинных поликомпонентных литиеносных рассолов хлоридного кальциево-магниевого типа, которые залегают в недрах осадочного чехла Иркутской области. Обоснована перспективность выделения из литиеносных рассолов данного типа лития в виде водных растворов его хлорида путём использования селективного к хлориду лития сорбента, основой которого является соединение $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ дефектной структуры. Описаны основные этапы многолетних фундаментальных и прикладных исследований, позволивших довести созданные научные заделы до промышленного внедрения в Российской Федерации. В качестве сырьевой базы используются попутные и пластовые воды Иркутской нефтяной компании.

Ключевые слова: рассол, сорбент, хлорид лития, интеркаляция, селективная сорбция, деинтеркаляция, десорбция, очистка, промывка, литиевый концентрат, упаривание, бромидные соли, комплексная переработка.

DOI: 10.7868/S3034520025090021

БОЛДЫРЕВ Владимир Вячеславович — академик РАН, советник РАН ИХГК СО РАН. БУЙНОВ Николай Михайлович — исполнительный директор ООО “ИНК”. ВАХРОМЕЕВ Андрей Гелиевич — доктор геолого-минералогических наук, профессор РАН, заведующий лабораторией ИЗК СО РАН. КОЦУПАЛО Наталья Павловна — доктор технических наук, научный консультант ООО “Экостар-Наутех”. КОЧНЕВ Александр Михайлович — директор дирекции инжиниринга проектов литиевой и новой продукции ООО “ИНК-Литий”. МЕНЖЕРЕС Лариса Тимофеевна — кандидат химических наук, научный консультант ООО “Экостар-Наутех”. РЯБЦЕВ Александр Дмитриевич — доктор технических наук, директор по науке ООО “Экостар-Наутех”. ТИТАРЕНКО Валерий Иванович — главный разработчик ООО “Экостар-Наутех”. ЧЕРТОВСКИХ Евгений Олегович — директор ООО “ИНК-Литий”.

Наличие лития, брома и других ценных элементов в составе глубинных поликомпонентных рассолов Сибирской платформы в количествах, превышающих показатели принятых промышленных кондиций, определило целесообразность проведения комплекса научно-исследовательских, опытно-конструкторских, проектных и организационных работ с целью создания производств, использующих в качестве сырьевой базы восточно-сибирские гидроминеральные ресурсы Ангаро-Ленского бассейна Иркутской области, в частности попутные и пластовые рассолы предприятий нефтегазового комплекса.

Природа солевых рассолов Ангаро-Ленского бассейна. К концу 1963 г. в Институте земной коры (ИЗК) СО РАН были обобщены результаты гидрогеологических исследований рассолов юга Сибирской платформы. Эти результаты были опубликованы в монографии Е.В. Пиннекера [1]. В последующие годы установлено, что территория платформы и отдельные “вложенные” осадочно-породные артезианские бассейны – Тунгусский, Якутский, Оленекский и Ангаро-Ленский – обладают громадными прогнозными гидроминеральными ресурсами. Сибирская платформа (СП) является крупнейшей литиеносной металлогенической провинцией мира, ресурсы лития в пересчёте на металл оцениваются на уровне десятков млн тонн.

Многолетние исследования гидрогеологов Сибирского НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС) и ИЗК СО РАН по добыче, гидрогеологии и геохимии высокоминерализованных рассолов Сибирской платформы и Ангаро-Ленского артезианского бассейна [2] показали, что основные компоненты этих рассолов – хлоридные соли кальция, магния, натрия, калия с примесью бромидных солей. Как правило, они залегают на нефтегазоносных территориях. Системный анализ составов, добываемых на Знаменском проявлении рассолов (Жигаловский район Иркутской области), показал повышенное содержание в них лития (0.3–0.4 кг/м³), наряду с достаточно высоким (до 8 кг/м³) содержанием брома. Концентрации лития и брома, превышающие показатели промышленных кондиций, фиксировали и фиксируют в попутных и пластовых рассолах предприятий нефтегазового комплекса не только Иркутской области, но и Красноярского края [3], а также в дренажных рассолах алмазодобывающих объектов Якутии [4].

Концентрированные рассолы могут рассматриваться в том числе как рудоносный породорастворяющий агент, участвующий в эмиграции и процессах эндогенного концентрирования рудных компонентов – и как транспортирующая флюидная система в растворе сильного электролита, и как система, концентрирующая ценные элементы в аридных условиях в замкнутых эвапоритовых¹ бассейнах. Обнаружение на территории горноскладчатого об-

рамления Восточной Сибири множества сподуменовых² проявлений позволило предположить, что в недрах этой территории происходит глубинное выщелачивание лития из сподумена минерализованными водами. Так родилась гипотеза появления лития в составе Восточно-Сибирских рассолов. Требовалось доказать пригодность этих рассолов для использования в качестве гидроминеральной сырьевой базы в производстве лития.

Предпосылки разработки научных основ получения жидкофазных литиевых концентратов из литиеносных поликомпонентных рассолов с высоким содержанием кальция и магния. В своё время огромный вклад в создание отечественной литиевой промышленности, основанной на переработке твёрдоминерального сподумена, являвшегося в СССР базовым сырьевым источником лития, внёс Институт химии твёрдого тела и минерального сырья СО АН СССР (ИХТТиМС, ныне Институт химии твёрдого тела и механохимии СО РАН). В послевоенные годы по заданию Правительства в ИХТТиМС (в те годы Институт физико-химических основ переработки минерального сырья, ИФХиМС, директор доктор технических наук А.Т. Логвиненко), в лаборатории редких щелочных металлов, которую возглавлял доктор технических наук И.С. Лилеев, при участии учёных и инженеров предприятий Министерства среднего машиностроения (ныне ГК “РОСАТОМ”) разрабатывали технологию получения гидроксида лития моногидрата из сподуменового концентрата Завитинского месторождения (Читинская область). По результатам выполненной работы был построен и запущен в эксплуатацию Красноярский химико-металлургический завод (КХМЗ) Министерства среднего машиностроения, производивший первичный отечественный литиевый продукт – гидроксид лития моногидрат марки ЛГО-3, и разработана технология получения высококачественного цемента из отходов литиевого производства. О важности этой работы для страны свидетельствует присуждение её исполнителям в 1951 г. Сталинской премии. Из полученного на КХМЗ литиевого продукта было налажено производство оружейного лития и высокочистых его соединений на Новосибирском заводе химконцентратов (НЗХК) Минсредмаша. Создание отечественного литиевого производства позволило в кратчайшие сроки впервые в мире создать транспортабельное термоядерное оружие, опередив США, расширить номенклатуру производства, а также сферы применения лития. СССР стал ведущим мировым производителем литиевой продукции.

В дальнейшем коллектив лаборатории редких щелочных металлов ИФХиМС АН СССР по заданию Правительства трудился над разработкой тех-

¹ из пересыщенных растворов.

² Сподумен – минерал, силикат лития и алюминия из группы моноклинных пироксенов.

нологии получения двойного гидроксида алюминия, лития $\text{LiOH} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ (ДГАЛ-ОН) из небогатой руды Полмостундровского месторождения (Мурманская область) и продолжал взаимодействие с основными производителями литиевой продукции (ХМЗ и НЗХК) с целью повысить эффективность отдельных технологических операций и качества производимых продуктов.

В связи с открытием в Южной Америке нового вида литиеносного сырья (легко добываемые рассолы саларов, перерабатываемые галургическими методами в пригодные для производства карбоната лития продуктивные литиевые концентраты) учёные ИХТТиМС совместно с Всесоюзным научно-исследовательским институтом химической технологии (ВНИИХТ) Минсредмаша начали работы по оценке использования отечественных литиеносных рассолов Дагестана (термальных и попутных нефтяных) в качестве сырьевой базы для производства литиевой продукции [5]. Было доказано, что во всех известных видах отечественного гидроминерального сырья содержание кальция и магния как минимум на порядок превышает содержание лития, а значит, из такого сырья невозможно получать литиевые концентраты галургическими методами (стадийное упаривание рассола, последовательное высаливание примесей, сопровождаемое повышением концентрации лития в жидкой фазе). Исходя из этих выводов все последующие исследования были нацелены на получение различных литиевых концентратов путём селективного извлечения лития из рассолов [6, 7].

По инициативе В.В. Болдырева, сменившего А.Т. Логвиненко на посту директора ИХТТиМС, чтобы расширить и углубить исследования в области селективного извлечения лития, была создана специализированная лаборатория геотермальных гидрохимических процессов, которую возглавила Н.П. Коцупало. Благодаря проведённым исследованиям [8, 9] была доказана реальная возможность селективного извлечения лития из поликомпонентных литиеносных рассолов в процессе их прямого контакта с рядом соединений алюминия (гидроалюмокарбонат натрия, свежесоздаённый или активированный гидроксид алюминия). Стало возможным получать твердофазные литиевые концентраты в виде двойных соединений, включая соединение $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ (ДГАЛ-Cl).

Эти результаты нашли отражение в технологической схеме комплексной переработки природных минерализованных и попутных нефтяных вод Дагестана, разработанной совместно с ВНИИХТ для практической реализации на попутных нефтяных водах Берикейского месторождения [10], а также в технологической схеме и регламенте извлечения лития (хемосорбция) из глубоких рассолов Верхолёнского участка Ангаро-Ленского бассейна (Н.П. Коцупало, В.Д. Белых, 1990 г.), выполненной по договору с ВСНИИГГиМС Мингео СССР.

Однако, несмотря на достигнутые успехи в области селективного выделения лития из литиеносных гидроминеральных сред, практическая реализация этих разработок была затруднена вследствие высоких эксплуатационных расходов при переработке твердофазных литиевых концентратов, получаемых в виде двойных соединений лития и алюминия [5]. Необходимо было найти решения, позволяющие получать из литиеносных рассолов жидкофазные литиевые концентраты.

Предпосылки создания селективного к литию обратимого сорбента и технологии получения жидкофазных литиевых концентратов из литиеносных рассолов. Впервые способность кристаллической формы соединения литийхлорсодержащей разновидности двойного гидроксида алюминия отдавать LiCl в раствор при прямом контакте соединения с пресной водой, нагретой до 90°C , и вновь восстанавливать отданный LiCl при прямом контакте с литиеносными рассолами при температурах $60\text{--}80^\circ\text{C}$ установили исследователи Дж. Ли и У. Бауман ("Dow Chemical Co", США) [11, 12]. Выявленное свойство позволило рассматривать указанное соединение в качестве основы для получения селективного и обратимого по LiCl сорбента, с помощью которого стало возможным обратимо выделять из литиеносных рассолов жидкофазные литиевые концентраты. Однако необходимость разогрева участвующих в процессе жидких сред до $80\text{--}90^\circ\text{C}$ затрудняла практическую реализацию разработки.

В развитие данного направления В.В. Болдырев впервые предложил рассматривать взаимодействие растворов лития с гидраргиллитом с образованием соединения $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ не как сорбцию, а как интеркаляцию ионов лития и противоионов в межслоевое пространство минерала. Подобные процессы на других объектах в то время начинал изучать британо-американский химик С. Виттингем, в 2019 г. получивший за свои исследования Нобелевскую премию [13]. Смена подхода предполагала необходимость изучения структурных аспектов превращения гидраргиллита в соединение $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, роли дефектов, размера частиц и других параметров с целью управления процессом. В результате исследований, проведённых в лаборатории геотермальных гидрохимических процессов ИХТТиМС СО РАН, было установлено, что в ходе интеркаляции ионы лития входят в алюмо-гидроксидные слои, в то время как противоионы остаются в межслоевом пространстве [14, 15]. Большое влияние на процесс оказывает дефектность структуры гидраргиллита, которую можно направленно изменять как предварительной механохимической обработкой, так и подбором начального размера частиц и предварительным проведением нескольких циклов интеркаляции–деинтеркаляции [16–18]. Было установлено, что использование дефектной матрицы гидроксида алюминия для синтеза двой-

ных соединений алюминия и лития, в частности соединения $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ (ДГАЛ-С1), наследующего дефекты матрицы, позволяет синтезировать обратимый селективный сорбент лития, способный эффективно интеркалировать и деинтеркалировать хлорид лития при температурах сред, близких к комнатным. Таким образом, получение двойного соединения алюминия и лития $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ с разупорядоченной (дефектной) структурой предопределило в дальнейшем использование его в качестве основы для селективных к LiCl обратимых сорбентов, пригодных к практическому применению.

Переход к прикладным исследованиям. Создание ООО “ЭКОСТАР–НАУТЕХ”. Разработка технологии производства селективного обратимого гранулированного сорбента ДГАЛ-С1. Появление информации о литиеносных рассолах как перспективной сырьевой базы лития и об открытии всё новых проявлений литиеносных рассолов на территории Восточной Сибири предопределило необходимость перехода от фундаментальных исследований к разработке технологий и их аппаратурного оформления, требующей привлечения конструкторов и проектировщиков. Важно, что проявили заинтересованность организации, которые могли перерабатывать литиеносные гидроминеральные ресурсы: НПВФ “Брайнсіб” (учреждена в 1991 г. для создания бромного производства) на базе Знаменского проявления пластовых глубинных рассолов Жигаловского района Иркутской области; ПО “Якуталмаз” (в настоящее время “АЛРОСА”) на базе дренажных рассолов трубки “Удачная” (Саха Якутия); администрация г. Красноярска на базе попутных рассолов месторождений нефти и газа Туруханского района Красноярского края.

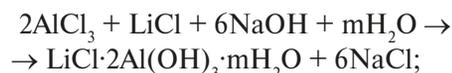
По инициативе Н.П. Коцупало к разработке технологии и аппаратурного оформления процесса получения карбоната лития из дренажного литиеносного рассола трубки “Удачная” ПО “Якуталмаз” в 1990 г. были привлечены специализированные подразделения Новосибирского отделения Всесоюзного научно-исследовательского и проектного института комплексной энергетической технологии (НО ВНИПИЭТ), находившегося в подчинении Министерства среднего машиностроения СССР. Сотрудничество оказалось плодотворным, однако перестройка конца 1980-х – начала 1990-х годов нарушила сложившуюся систему финансирования долговременных наукоёмких разработок, привела к кризисным явлениям и заставила искать новые формы сотрудничества.

С этой целью в 1991 г. была учреждена организация НПАО “ЭКОСТАР”, преобразованная в 1993 г. в ЗАО “Экостар-Наутех”, а позднее – в ООО “Экостар-Наутех”. Основу этой организации составили сотрудники, перешедшие из ИХТТИМС и НО ВНИПИЭТ. Созданная структура (директор А.Д. Рябцев, заместитель по научной работе

Н.П. Коцупало, главный инженер В.И. Титаренко) имела возможность проводить прикладные научно-исследовательские работы, готовить исходные данные для проектирования, разрабатывать конструкторскую документацию на нестандартное оборудование и проектную документацию на технологические разделы проектов, патентовать результаты своей деятельности, вести закупочную деятельность, авторский надзор, шеф-монтаж оборудования и его пусконаладку. Созданная структура получила поддержку руководства ИХТТИМС и НО ВНИПИЭТ – ей были предоставлены в аренду помещения и оборудование на максимально льготных условиях, выполнялись субподрядные договорные работы.

В период с 1991 по 2000 г. ЗАО “Экостар-Наутех” разработаны:

- технология производства селективного гранулированного сорбента ДГАЛ-С1, основанная на гранулировании со связующим, порошка $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ дефектной структуры, полученного как путём взаимодействия растворов хлорида алюминия с гидроксидом лития, так и путём взаимодействия смешанного хлоридного раствора алюминия и лития с раствором щёлочи по реакции:



- технология сорбционного обогащения литиеносных поликомпонентных рассолов, основанная на использовании гранулированного сорбента ДГАЛ-С1 с получением в качестве продукта жидкофазного литиевого концентрата в виде водного раствора LiCl, содержащего остатки компонентов рассола в качестве примесей.

Технология сорбционного обогащения литиеносных поликомпонентных рассолов включает следующие последовательно выполняемые технологические операции:

- интеркаляцию (селективная сорбция) хлорида лития из рассола в сорбент до его насыщения литием;
- ступенчато-противоточное удаление остатка рассола из сорбента порциями промывных растворов;
- получение первичного литиевого концентрата путём порционной ступенчато-противоточной деинтеркаляции LiCl из освобождённого от рассола насыщенного литием сорбента с использованием в качестве деинтеркалятора пресной воды;
- концентрирование и очистку от примесей первичного литиевого концентрата с доведением его до продуктивного литиевого концентрата, пригодного для производства товарных литиевых продуктов;
- производство из продуктивного литиевого концентрата товарных литиевых продуктов: Li_2CO_3 , $\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$, LiBr.

Научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по освоению Знаменского проявления литиеносных природных рассолов (в качестве сырьевого источника для производства $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ как основного первичного литиевого товарного продукта) были продолжены под научным руководством Н.П. Коцупало в 1993–1997 гг. Главными итогами стали “Рабочий проект ОПУ извлечения лития из природных рассолов Знаменского месторождения” производительностью 800 т/год по моногидрату гидроокиси $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ (1995).

Ввиду повышенного содержания в составе природных хлоридно-литиевых рассолов Сибирской платформы бромид-ионов ($6\text{--}8\text{ кг/м}^3$) для определения устойчивости гранулированного сорбента применительно к рассолам, содержащим бромиды, и оценки пригодности к подобным условиям разработанной технологии обогащения литиеносных рассолов были проведены специальные испытания. Испытания технологии получения хлорида лития из природного рассола были проведены в 1995 г. на рассоле Знаменского проявления (добытого и доставленного НПВ “Брайнсиб”) в заводских условиях на опытно-промышленной установке, смонтированной на АОЗТ “Редмет” (г. Новосибирск). Испытания показали отсутствие какого-либо влияния бромид-ионов на селективную сорбцию LiCl гранулированным сорбентом ДГАЛ-С1 (уровень извлечения лития 94%) и подтвердили готовность разработанных технологий к промышленному освоению.

В 1997–1998 гг. научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы учёных ООО “Экостар-Наутех” по освоению Знаменского проявления литиеносных природных рассолов (в качестве сырьевого источника для производства $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ как основного первичного литиевого товарного продукта) были профинансированы ТОО “СПЕКТРУМ” (г. Иркутск) и АО “НЗХК”. Был подготовлен рабочий проект опытно-промышленного производства $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ производительностью 800 т/год. Однако этот проект не был реализован, вследствие переориентации большинства потребителей литиевой продукции на покупку доступного на тот момент зарубежного карбоната лития, производимого Чилийской компанией SQM.

Промышленное освоение разработанных технологий. Проверка технологий применительно к литиеносным рассолам хлоридно-магниевого типа провинции Цинхай в Китае. Разработанные ООО “Экостар-Наутех” технологии в промышленном масштабе были впервые реализованы в КНР на предприятии “Lanke Lithium” (г. Гэрму, провинция Цинхай) в 2012 г., после предварительных пилотных испытаний в 2002 и 2004 гг. на озёрных литиеносных рассолах хлоридно-магниевого типа и разработки необходимой конструкторской и проектной документации. Инвесторами проектов были частные

китайские компании “Qinghai Tienchi Rare Element Technology Development Co. Ltd” (финансирование пилотных испытаний); “Foshan Electrical and Lighting Co. Ltd” (финансирование проектирования опытно-промышленных, промышленных объектов и строительства); компания с государственным участием “Qinghai Salt Lake Industry Group Co. Ltd” (соучредитель предприятия “Lanke Lithium”).

В 2018 г. китайская фирма “Fusion Enertech Development Co. Ltd” запустила в эксплуатацию промышленное производство гранулированного сорбента объёмом до 4000 тонн/год (г. Хойджоу, провинция Гуандун), построенное по проекту ООО “Экостар-Наутех”.

Освоение отечественного литиеносного гидроминерального сырья. Создание литиевого производства в Иркутской области на сырьевой базе ООО “ИНК”. Успешное использование в КНР литиеносных рассолов в качестве сырья для производства карбоната лития, основанного на применении гранулированного сорбента ДГАЛ-С1, подтвердило химическую и механическую устойчивость сорбента в условиях длительной эксплуатации и его пригодность для рентабельного получения первичных литиевых концентратов из всех известных в настоящее время типов очищенных от железа литиеносных поликомпонентных хлоридных рассолов общей минерализацией $150\text{--}500\text{ кг/м}^3$, имеющих показатель pH в диапазоне 4–7.

Примеси бора и сульфат ионов в концентрациях до 10 кг/м^3 не оказывают негативного влияния на ёмкостные и интеркаляционные показатели сорбента по литию. При показателе R (отношение суммарной концентрации магния и щелочноземельных элементов ($\sum C_{\text{ЩЗМ}}$) к концентрации лития) хлоридных литиеносных рассолов магниевого и кальциево-магниевого типов, которые варьируют в пределах 120–470, аналогичный показатель производимых первичных литиевых концентратов составляет 1.7–3.2, что соответствует значениям коэффициента разделения лития и $\sum C_{\text{ЩЗМ}}$ на уровне 70–80. Износ гранулированного сорбента ДГАЛ-С1 в условиях его промышленной эксплуатации в течение года (710–2300 циклов в зависимости от концентрации лития в рассоле) составляет 5–7% от объёма загрузки. Свойство “набухаемость” у данного сорбента практически отсутствует. Удельная объёмная производительность по литию загрузки гранулированного сорбента ДГАЛ-С1 гранулометрического состава 0.5–2.0 мм составляет 0.12–2.14 $\text{кг/м}^3\text{ч}$ в зависимости от содержания лития в рассоле в пределах 0.060–0.500 кг/м^3 и соответствующем изменении степени извлечения лития из рассола в пределах 75–96%.

При этом поликомпонентные рассолы, прошедшие операцию селективного извлечения хлорида лития, не изменяют своего состава по другим ингредиентам, что позволяет использовать их в качестве

сырья для производства других товарных продуктов: кальциевых, магниевых, бромных, стронциевых, калийных.

Признанные в РФ изобретениями [19–21] разработки ООО “Экостар-Наутех”, научные и технологические основы которых изложены в монографиях [22–24], прошли процедуру патентования за рубежом, завершившуюся получением патентов США, Канады, Чили, Аргентины, Японии, Южной Кореи, Евросоюза, Евразии. Достигнутые результаты позволили продолжить исследования по совершенствованию интеркаляционного процесса в технологии обогащения литиеносного гидроминерального сырья [25–27] и возобновить работы в направлении развития и укрепления отечественной сырьевой базы лития за счёт вовлечения в производственный процесс литиеносных глубинных рассолов Сибирской платформы, поскольку их прогнозируемые запасы оцениваются в миллиарды м³ [2, 3, 28].

В этой связи в период с 2013 по 2015 г. акционерным обществом “Росэлектроника” совместно с ООО “Экостар-Наутех” по госконтракту № 13411.0924800 “Разработка промышленных технологий производства лития из солевых рассолов” был выполнен комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в объёме, необходимом для получения исходных данных для проектирования литиевых производств с использованием в качестве сырья литиеносных рассолов Знаменского проявления (Иркутская область).

Однако выполненные НИ и ОКР дальнейшего развития не получили, поскольку существующее законодательство не позволяло вести проектирование и строительство предприятий в открытых гидрогеологами проявлениях литиеносных глубинных рассолов Сибирской платформы без официального утверждения их запасов. Процедура утверждения запасов требовала огромных финансовых и временных затрат. Ситуация резко изменилась в положительную сторону в 2017 г., когда к проблемам освоения литиеносного гидроминерального сырья подключилось Общество с ограниченной ответственностью “Иркутская нефтяная компания” (ООО “ИНК”), располагающее собственными литиеносными гидроминеральными ресурсами. ООО “ИНК” стало держателем активов ООО “Экостар-Наутех” и его основным акционером.

Была создана рабочая группа, которая инициировала внесение поправок в Российское законодательство о недропользовании. Поправки позволили предприятиям нефтегазового комплекса, создающим диверсификационные производства, использовать по своему усмотрению в качестве сырьевых источников добываемые и залегающие на отведённых им территориях литиеносные поликомпонентные рассолы. Благодаря этому были начаты работы по их освоению на законном основании, исключая процедуру подтверждения запасов. В пе-

риод с 2017 по 2024 г. в результате взаимодействия ООО “ИНК” с ООО “Экостар-Наутех” выполнены следующие работы по освоению гидроминеральных ресурсов:

- разработана концепция комплексной переработки промысловых литиеносных рассолов ООО “ИНК” (2017);
- создан научно-технологический центр с научно-исследовательской лабораторией изучения рассолов (НИЛИР) на Ярактинском нефтегазодобывающем месторождении (2018–2019);
- разработаны, изготовлены, смонтированы, введены в эксплуатацию на площадях НИЛИР пилотные установки, на которых проведены необходимые исследования и отработаны технологические процессы и их аппаратурное оформление в соответствии с концепцией (2020–2021);
- разработаны исходные данные для проектирования опытно-промышленных и промышленных производств, а также проектная и конструкторская документация, закуплено оборудование;
- велось строительство производственных зданий и сооружений (2021–2023);
- завершено строительство и пуск в эксплуатацию опытного сорбционно-десорбционного обогатительного комплекса с автоматизированной системой управления, производящего первичный литиевый концентрат в условиях, исключая участие человека в технологическом процессе (2022–2023);
- завершено строительство опытно-промышленного предприятия по производству карбоната лития в составе производственного комплекса по получению неорганических продуктов из попутных и пластовых рассолов, ведутся пусконаладочные работы (2024);
- учреждена компания ООО “ИНК-Литий” в составе Группы Компаний ИНК для развития проекта по комплексной переработке гидроминерального сырья, силами которой проведено испытание скважин; в мае 2024 г. запущено в эксплуатацию месторождение промышленных подземных вод с запасами лития, названное в честь геолога В.И. Кокорина, в районе Ярактинского нефтегазоконденсатного месторождения.

* * *

Запасы исследованных Институтом земной коры СО РАН поликомпонентных глубинных рассолов гидроминеральной провинции Сибирской платформы, залегающих на территориях Красноярского края, Иркутской области, республики Саха Якутия, содержат литий и бром в количествах, значительно превышающих показатели промышленных кондиций. Проведённые исследования позволяют расценивать рассолы Сибирской платформы как перспективную сырьевую базу лития и брома фе-

дерального значения, что требует инвестирования и привлечения высококвалифицированных учёных, инженеров и геологов.

Отличительная особенность литиеносных поликомпонентных глубинных рассолов Сибирской платформы – высокое по отношению к литию содержание редкоземельных элементов и магния, что делает невозможным получение из этих рассолов литиевых концентратов традиционными галургическими методами и требует новых решений. В ходе исследований ИХТГиМС СО РАН была доказана способность соединения $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ с дефектной структурой при температурах, близких к комнатным, интеркалировать определённое количество хлорида лития при контакте с литиеносным рассолом и деинтеркалировать поглощённое количество при контакте с пресной водой. Это побудило ООО “Экостар-Наутех” провести прикладные исследования и разработать способ получения и технологию производства селективного к хлориду лития обратимого гранулированного сорбента ДГАЛ-С1. С помощью этого сорбента стало возможно рентабельно получать литиевые концентраты в виде водных растворов не только из рассолов Сибирской платформы, но и из любых других типов литиеносных рассолов с показателем $\text{pH}=4\text{--}7$ и минерализацией $120\text{--}500 \text{ кг/м}^3$.

Возможность получать жидкофазные литиевые концентраты из литиеносных рассолов с использованием гранулированного сорбента ДГАЛ-С1 предопределила разработку технологии и аппаратного оформления процесса обогащения поликомпонентных рассолов по литию и процессы переработки производимых по данной технологии литиевых концентратов в товарные литиевые продукты. Разработанные и запатентованные в ведущих странах мира технологии ООО “Экостар-Наутех” в промышленном масштабе впервые удалось реализовать в КНР на предприятии “Lanke Lithium” применительно к производству карбоната лития из литиеносных рассолов (6000 тонн/год) провинции Цинхай (г. Гэрму). Это не только подтвердило готовность разработок к промышленному освоению, но и вернуло интерес к ним российских инвесторов.

Следует отметить, что исследования новосибирских учёных стали драйвером постоянно растущего использования соединения $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ с дефектной структурой в качестве обратимого сорбента лития из литиеносных гидроминеральных сред. Фундаментальные исследования процесса интеркаляции солей лития в гидраргиллит, которые изначально проводились для поиска оптимальных технологических решений конкретной практической задачи извлечения лития из рассолов, способствовали развитию широкой области интеркаляции и последующих химических превращений интеркаляционных соединений [29], что, в свою очередь, позволило поставить и решить новые практические

задачи, получить новые материалы и реализовать новые твердофазные превращения. Был реализован темплатный синтез органических и координационных соединений [29–31], получены наночастицы металлов в керамических матрицах [32–40], нанокompозиты для производства микроблочных катализаторов, спецкерамики, антипирена [41], интеркаляционные соединения, используемые в качестве высокоэффективных психотропных препаратов пролонгированного действия [42, 43], высокочистая дисперсная керамика [44] и другие материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пиннекер Е.В.* Рассолы Ангаро-Ленского артезианского бассейна. Закономерности размещения, состав, динамика, формирование и использование. М.: Наука, 1966.
Pinnecker E.V. Brines of the Angara-Lena artesian basin. Regularities of placement, composition, dynamics, formation and use. Moscow: Nauka, 1966. (In Russ.)
2. *Алексеев С.В., Вахромеев А.Г., Коцупало Н.П., Рябцев А.Д.* Промышленные рассолы Сибирской платформы: гидрогеология, бурение и добыча, переработка и утилизация. Иркутск: Географ, 2014.
Alekseev S.V., Vakhromeev A.G., Kotsupalo N.P., Ryabtsev A.D. Industrial brines of the Siberian platform: hydrogeology, drilling and production, processing and utilization. Irkutsk: Geograf, 2014. (In Russ.)
3. *Вожов В.И.* Подземные воды и гидроминеральное сырьё Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Новосибирск: Изд-во СНИИГиМС, 2006.
Vozhov V.I. Groundwater and hydromineral raw materials of the Lena-Tunguska oil and gas province. Novosibirsk: SNIIGiMS Publishing House, 2006. (In Russ.)
4. *Алексеев С.В.* Криогидрогеологические системы Якутской алмазоносной провинции. Новосибирск: ГЕО, 2009.
Alekseev S.V. Cryohydrogeological systems of the Yakut diamondiferous province. Novosibirsk: GEO, 2009. (In Russ.)
5. *Остроушко Ю.И., Дегтярёва Л.В.* Гидроминеральное сырьё – неисчерпаемый источник лития. М.: ЦНИИатоминформ, 1999.
Ostroushko Yu.I., Degtyareva L.V. Hydromineral raw materials – an inexhaustible source of lithium. Moscow: TsNIIatominform, 1999. (In Russ.)
6. *Коцупало Н.П., Порошина И.А., Бергер А.С. и др.* Особенности процесса кристаллизации твёрдых фаз в системе $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ при $25\text{--}150^\circ\text{C}$ // Журнал неорганической химии. 1978. Т. 23. Вып. 8. С. 2232.
Kotsupalo N.P., Poroshina I.A., Berger A.S. et al. Features of the process of crystallization of solid phases in

- the $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ system at 25–150°C // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 1978, vol. 23, iss. 8, p. 2232. (In Russ.)
7. *Белых В.Д., Коцупало Н.П., Бергер А.С.* Взаимодействие гидроалюмокарбоната натрия с водными растворами хлорида лития / Сб. VI, Всесоюзная конференция по химии и технологии редких щелочных элементов. Тезисы докладов. М.: Наука, 1983.
Belykh V.D., Kotsupalo N.P., Berger A.S. Interaction of sodium hydroaluminocarbonate with aqueous solutions of lithium chloride / Proc. VI All-Union Conference on Chemistry and Technology of Rare Alkaline Elements. Abstracts of reports. M.: Nauka, 1983. (In Russ.)
 8. *Немудрый А.П., Исупов В.П., Коцупало Н.П. и др.* Взаимодействие кристаллического гидроксида алюминия с водными растворами солей лития. Сообщение I. Исследование продукта взаимодействия гидраргилита с водными растворами хлорида лития // Известия СО АН СССР. Серия хим. Наук. 1984. Вып. 4. С. 28–32.
Nemudry A.P., Isupov V.P., Kotsupalo N.P. et al. Interaction of crystalline aluminum hydroxide with aqueous solutions of lithium salts. Report I. Study of the product of interaction of hydrargillite with aqueous solutions of lithium chloride // Bulletin of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences. Series of Chemical Sciences. 1984, is. 4, pp. 28–32. (In Russ.)
 9. *Немудрый А.П., Исупов В.П., Коцупало Н.П., Болдырев В.В.* Взаимодействие кристаллического гидроксида алюминия с водными растворами солей лития. Сообщение II. К вопросу о механизме взаимодействия гидраргилита с водными растворами хлорида лития // Известия СО АН СССР. Серия хим. наук. 1984. Вып. 5. 1984. С. 47–51.
Nemudry A.P., Isupov V.P., Kotsupalo N.P., Boldyrev V.V. Interaction of crystalline aluminum hydroxide with aqueous solutions of lithium salts. Report II. On the mechanism of interaction of hydrargillite with aqueous solutions of lithium chloride // Bulletin of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences. Series of Chemical Sciences. 1984, is. 5, pp. 47–51. (In Russ.)
 10. *Коцупало Н.П., Белых В.Д., Болдырев В.В.* Комплексная переработка природных минерализованных и попутных нефтяных вод Дагестанской АССР // VI Всесоюзн. конф. по химии и технологии редких щелочных элементов. М.: Наука, 1983. С. 120–123.
Kotsupalo N.P., Belykh V.D., Boldyrev V.V. Complex processing of natural mineralized and associated petroleum waters of the Dagestan ASSR // VI All-Union. Conf. on the Chemistry and Technology of Rare Alkaline Elements. M.: Nauka, 1983. Pp. 120–123. (In Russ.)
 11. US Pat. 4159311A. Recovery of lithium from brine / John V. Lee, William C. Bauman. Request 05.09.1978. Published 26.06.1979. Dow Chemical Co.
US Pat. 4348297A. Crystalline lithium aluminates / William C. Bauman, John M. Lee. Request 11.11.1979. Published 07.09.1982. Dow Chemical Co.
 12. *Whittingham M.S.* Electrical energy storage and intercalation chemistry // Science. 1976, vol. 192(4244), pp. 1126–1127.
 13. *Isupov V.P., Gabuda S.P., Kozlova S.G., Chupakhina L.E.* Structural mechanism of selective binding of lithium on a solid matrix of $\text{Al}(\text{OH})_3$ from aqueous solutions // J. Struct. Chem. 1998, vol. 39(3), pp. 362–366.
 14. *Tarasov K.A., Isupov V.P., Chupakhina L.E., O'Hare D.* A time resolved, in-situ X-ray diffraction study of the de-intercalation of anions and lithium cations from $[\text{LiAl}_2(\text{OH})_6]_n \text{X} \cdot q\text{H}_2\text{O}$ ($\text{X} = \text{Cl}^-, \text{Br}^-, \text{NO}_3^-, \text{SO}_4^{2-}$) // J. Mater. Chem. 2004, vol. 14(9), pp. 1443–1447.
 15. *Исупов В.П., Чупахина Л.Э., Коцупало Н.П., Болдырев В.В.* Влияние размера частиц и нарушения решётки гидроксида алюминия на интеркаляцию в него хлорида лития // ДАН. 1991. Т. 316. № 5. С. 1144–1146.
 16. *Isupov V.P., Chupakhina L.E., Kotsupalo N.P., Boldyrev V.V.* Effect of particle size and lattice distortion of aluminum hydroxide on the intercalation of lithium chloride into it / DAN SSSR. 1991, vol. 316, no. 5, pp. 1144–1146. (In Russ.)
 17. *Исупов В.П., Чупахина Л.Э., Коцупало Н.П. и др.* Влияние предварительной механической активации гидроксида алюминия на интеркаляцию в него солей лития // ДАН. 1996. Т. 348. № 5. С. 628–630.
Isupov V.P., Chupakhina L.E., Kotsupalo N.P. et al. Effect of preliminary mechanical activation of aluminum hydroxide on the intercalation of lithium salts into it // DAN. 1996, vol. 348, no. 5, pp. 628–630. (In Russ.)
 18. *Исупов В.П., Чупахина Л.Э., Митрофанова Р.П., Тарасов К.А.* Синтез, структура, свойства и практическое применение интеркаляционных соединений на основе гидроксида алюминия // Химия устойчивого развития. 2000. Т. 8(1–2). С. 121–127.
Isupov V.P., Chupakhina L.E., Mitrofanova R.P., Tarasov K.A. Synthesis, structure, properties and practical application of intercalation compounds based on aluminum hydroxide // Chemistry for sustainable development. 2000, vol. 8(1–2), pp. 121–127. (In Russ.)
 19. Патент № 2659968 Российская Федерация, МПК C01D 15/04 (2006/01), C01D 15/08 (2006/01). Способ получения литиевого концентрата из литиеносных природных рассолов и его переработка в хлорид или карбонат лития: заявл. 14.04.2017, опубл. 04.07.2018 / Рябцев А.Д., Титаренко В.И., Коцупало Н.П., Менжерес Л.Т. и др. Заявитель ООО “Экостар-Наутех”. 42 с.; 11 ил.

- (США Патент № 11396452 B2; Канада Патент № 3059899; Чили Патент № 65915; Аргентина Патент AR № 111472 B1; Евразия Патент № 042.618; Боливия Заявка SP-79-2018).
- Patent No. 2659968 Russian Federation, IPC C01D 15/04 (2006/01), C01D 15/08 (2006/01). Method for obtaining lithium concentrate from lithium-bearing natural brines and its processing into lithium chloride or carbonate: declared 14.04.2017, published 04.07.2018 / Ryabtsev A.D., Titarenko V.I., Kotsupalo N.P., Menzheres L.T., et al.; applicant Ecostar-Nautekh LLC. - 42 p.; 11 il (US Patent No. 11396452 B2; Canada Patent No. 3059899; Chile Patent No. 65915; Argentina Patent AR No. 111472 B1; Eurasia Patent No. 042.618; Bolivia Application SP-79-2018). (In Russ.)
20. Патент № 2657495 Российская Федерация, МПК B01J 20/30 (2006/01), B01J 20/02 (2006/01), B01J 20/08 (2006/01). Способ получения гранулированного сорбента для извлечения лития из литийсодержащих рассолов в условиях производства товарной литиевой продукции: заявл. 25.09.2017, опубл. 14.06.2018 / Рябцев А.Д., Коцупало Н.П., Титаренко В.И., Менжерес Л.Т. и др.; заявитель ООО “Экостар-Наутех”. 23 с.: 6 ил. (США Патент № 11247189 B2; Канада Патент № 3061903; Чили Патент № 61222; Аргентина Патент AR № 112493 B1; Евразия Патент № 040900; Боливия Заявка SP-149-2018).
- Patent No. 2657495 Russian Federation, IPC B01J 20/30 (2006/01), B01J 20/02 (2006/01), B01J 20/08 (2006/01). Method for producing a granulated sorbent for extracting lithium from lithium-containing brines under conditions of commercial lithium product production: claim. 25.09.2017, published 14.06.2018 / Ryabtsev A.D., Kotsupalo N.P., Titarenko V.I., Menzheres L.T., et al.; applicant Ecostar-Nautekh LLC. 23 p.: 6 il. (US Patent No. 11247189 B2; Canada Patent No. 3061903; Chile Patent No. 61222; Argentina Patent AR No. 112493 B1; Eurasia Patent No. 040900; Bolivia Application SP-149-2018). (In Russ.)
21. Патент № 2713360 Российская Федерация, МПК C01D 15/02 (2006/01). Способ получения моногидрата гидроксида лития из рассолов: заявл. 25.09.2019, опубл. 11.11.2019 / Рябцев А.Д., Немков Н.М., Титаренко В.И., Коцупало Н.П., Кураков А.А., Кочнев А.М.: заявитель ООО “Экостар-Наутех”. 22 с.: 1 ил. (США Патент № 11578414 B2; Канада Патент № 3092983; Чили Решение о выдаче патента по заявке 2454-2020; Аргентина Патент AR 118971 B1; Евразия Патент 041441; Боливия Заявка SP-126-2020; Европа Патент 3800163; Япония Патент 7083875; Южная Корея Заявка 10-2479262).
- Patent No. 2713360 Russian Federation, IPC C01D 15/02 (2006/01). Method for obtaining lithium hydroxide monohydrate from brines: declared 25.09.2019, published 11.11.2019 / Ryabtsev A.D., Nemkov N.M., Titarenko V.I., Kotsupalo N.P., Kurakov A.A., Kochnev A.M.: applicant Ecostar-Nautekh LLC. 22 p: 1 ill. (US Patent No. 11578414 B2; Canada Patent No. 3092983; Chile Decision to grant a patent for application 2454-2020; Argentina Patent AR 118971 B1; Eurasia Patent 041441; Bolivia Application SP-126-2020; Europe Patent 3800163; Japan Patent 7083875; South Korea Application 10-2479262). (In Russ.)
22. Коцупало Н.П., Рябцев А.Д. Химия и технология получения соединений лития из литиеносного гидроминерального сырья / Под ред. акад. В.В. Болдырева. Новосибирск: ГЕО, 2008.
- Kotsupalo N.P., Ryabtsev A.D. Chemistry and technology of obtaining lithium compounds from lithium-bearing hydromineral raw materials / Ed. by academician V.V. Boldyrev. Novosibirsk: GEO, 2008. (In Russ.)*
23. Рябцев А.Д., Коцупало Н.П., Титаренко В.И. и др. Комплексная переработка литиеносных рассолов с предварительным их обогащением по литию. Новосибирск: ГЕО, 2014.
- Ryabtsev A.D., Kotsupalo N.P., Titarenko V.I. et al. Complex processing of lithium-bearing brines with their preliminary enrichment in lithium. Novosibirsk: GEO, 2014. (In Russ.)*
24. Коцупало Н.П., Рябцев А.Д. Интеркаляционные соединения гидроксида алюминия с солями лития и их использование в промышленной практике. Новосибирск: ГЕО, 2016.
- Kotsupalo N.P., Ryabtsev A.D. Intercalation compounds of aluminum hydroxide with lithium salts and their use in industrial practice. Novosibirsk: GEO, 2016. (In Russ.)*
25. Коцупало Н.П., Рябцев А.Д., Болдырев В.В. Литий для технологии XXI века // Наука в России. 2011. № 5. С. 28–31.
- Kotsupalo N.P., Ryabtsev A.D., Boldyrev V.V. Lithium for the technology of the XXI century // Science in Russia. 2011, no. 5, pp. 28–31. (In Russ.)*
26. Коцупало Н.П., Рябцев А.Д., Болдырев В.В. Современное состояние производства лития из природного сырья и перспективы его развития в России // Химическая технология. 2011. Т.12. № 19. С. 577–586.
- Kotsupalo N.P., Ryabtsev A.D., Boldyrev V.V. Current state of lithium production from natural raw materials and prospects for its development in Russia // Chemical technology. 2011, vol. 12, no. 19, pp. 577–586. (In Russ.)*
27. Коцупало Н.П., Рябцев А.Д., Болдырев В.В. Интеркаляционные процессы в сорбционной технологии извлечения лития из природных рассолов: химико-металлургические процессы глубокой переработки рудного, техногенного и вторичного сырья // Химическая технология. 2011. Т. 12. № 1. С. 36–43.
- Kotsupalo N.P., Ryabtsev A.D., Boldyrev V.V. Intercalation processes in sorption technology of lithium extraction from natural brines: chemical and metallurgical processes of deep processing of ore, technogenic*

- and secondary raw materials // *Chemical technology*. 2011, vol. 12, no. 1, pp. 36–43. (In Russ.)
28. *Vakhromeev A.G.* Рапогазопроявления и аномально высокое давление литиеносных рассолов на юге Сибирской платформы: флюидогеодинамическая интерпретация геолого-геофизических и геопромысловых данных; прогноз горно-геологических условий, инновационные подходы и решения в бурении и освоении Ковыктинского газоконденсатного месторождения. Т.1, гл. 3, 4. Т. 2, гл. 2, 3. Иркутск: Изд-во ИГИТУ, 2022.
- Vakhromeev A.G.* Gas shows and abnormally high pressure of lithium-bearing brines in the south of the Siberian platform: fluid geodynamic interpretation of geological, geophysical and geofield data; forecast of mining and geological conditions, innovative approaches and solutions in drilling and development of the Kovykta gas condensate field. Vol. 1, chapters 3, 4. Vol. 2, chapters 2, 3. Irkutsk: IGITU Publishing House, 2022. (In Russ.)
29. *Исупов В.П.* Интеркаляционные соединения гидроксида алюминия. Дисс. соиск. уч. ст. д.х.н. Новосибирск, 1998.
- Isupov V.P.* Intercalation compounds of aluminum hydroxide. Diss. soisk. student. st. doctor of chemical sciences. Novosibirsk, 1998. (In Russ.)
30. *Isupov V.P., Chupakhina L.E., Mitrofanova R.P. et al.* The use of intercalation compounds of aluminium hydroxide for the preparation of nanoscale systems // *Solid State Ionics*. 1997, vol. 101, pp. 265–270.
31. *Isupov V.P., Chupakhina L.E., Ozerova M.A. et al.* Polymerization of $m\text{-NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{COO}$ anions in the intercalation compounds of aluminium hydroxide $[\text{LiAl}_2(\text{OH})_6] [m\text{-NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{COO}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ // *Solid State Ionics*. 2001, vol. 141, pp. 231–236.
32. *Isupov V.P., Tarasov K.A., Mitrofanova R.P., Chupakhina L.E.* A New Route to the Preparation of Nanophase Composites via Layered Double Hydroxides // *MRS Online Proceedings Library (OPL)*. 1996, vol. 457, pp. 539.
33. *Tarasov K.A., Isupov V.P., Bokhonov B.B. et al.* Formation of nanosized metal particles of cobalt, nickel, and copper in the matrix of layered double hydroxide // *J. Mater. Synth. Process*. 2000, vol. 8, pp. 21–27.
34. *Isupov V.P., Tarasov K.A., Chupakhina L.E. et al.* Template Synthesis of Superparamagnetic Nickel Particles on Thermal Decomposition of $[\text{LiAl}_2(\text{OH})_6]_2[\text{Ni}(\text{EDTA})]4\text{H}_2\text{O}$ // *Doklady Chemistry*. 2003, vol. 391, no. 4, pp. 200–203.
35. *Tarasov K.A., O'Hare D., Isupov V.P.* Solid-state chelation of metal ions by ethylenediaminetetraacetate intercalated in a layered double hydroxide // *Inorganic chemistry*. 2003, vol. 42(6), pp. 1919–1927.
36. *Tarasov K.A., Isupov V.P., Yulikov M.M.* Magnetic nanoparticles stabilized in layered double hydroxides // *Solid State Phenomena*. 2003, vol. 90, pp. 527–534.
37. *Tarasov K.A., Isupov V.P., Bokhonov B.B., Ermakov A.E.* Синтез монодисперсных наночастиц сплавов кобальта и никеля в темплатной матрице слоистых двойных гидроксидов // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2004. Т. 12(3). С. 373–378.
- Tarasov K.A., Isupov V.P., Bokhonov B.B., Ermakov A.E.* Synthesis of monodisperse nanoparticles of cobalt and nickel alloys in a template matrix of layered double hydroxides // *Chemistry for Sustainable Development*. 2004, vol. 12(3), pp. 373–378. (In Russ.)
38. *Yulikov M.M., Abornev I.S., Mart'yanov O.N. et al.* Ferromagnetic resonance of nickel nanoparticles in an amorphous oxide matrix // *Kinetics and catalysis*. 2004, vol. 45, pp. 735–738.
39. *Isupov V.P., Mitrofanova R.P., Chupakhina L.E. et al.* Mechanism of formation of cobalt nanoparticles in a nanoreactor based on supramolecular system $[\text{LiAl}_2(\text{OH})_6]_2[\text{Coedta}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ // *J. Struct. Chem*. 2005, vol. 46, pp. 165–170.
40. *Tarasov K.A., Isupov V.P., Bokhonov B.B. et al.* Control of particle size via chemical composition: Structural and magnetic characterization of Ni–Co alloy nanoparticles encapsulated in lamellar mixed oxides // *Microporous and mesoporous materials*. 2008, vol. 107(1–2), pp. 202–211.
41. *Золотовский Б.П.* Научные основы механохимической и термохимической активации кристаллических гидроксидов при приготовлении носителей и катализаторов. Дисс. соиск. уч. ст. д.х.н. Новосибирск, 1992.
- Zolotovskiy B.P.* Scientific bases of mechanochemical and thermochemical activation of crystalline hydroxides in preparation of supports and catalysts. Diss. of Doct. Sci. (Chem.) Novosibirsk, 1992. (In Russ.)
42. *Замощина Т.А., Саратиков А.С., Исупов В.П., Чупахина Л.Э.* Синтез и психотропная активность новых пролонгированных соединений лития // *Химико-фармацевтический журнал*. 1993. № 3. С. 19–21.
- Zamoshchina T.A., Saratikov A.S., Isupov V.P., Chupakhina L.E.* Synthesis and psychotropic activity of new prolonged lithium compounds // *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 1993, no. 3, pp. 19–21. (In Russ.)
43. *Smith A.J., Kim S.-H., Duggirala N.K. et al.* Improving Lithium Therapeutics by Crystal Engineering of Novel Ionic Cocrystals // *Molecular Pharmaceutics*. 2013, vol. 10, pp. 4728–4738.
44. *Исупов В.П., Чупахина Л.Э., Тарасов К.В., Шестакова Н.Ю.* Синтез высокодисперсной карбонатной формы Li–Al двойного гидроксида из гидроалюмокарбоната натрия // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2007. № 1. С. 63–69.
- Isupov V.P., Chupakhina L.E., Tarasov K.V., Shestakova N.Yu.* Synthesis of highly dispersed carbonate form of Li–Al double hydroxide from sodium hydroaluminocarbonate // *Chemistry for Sustainable Development*. 2007, no. 1, pp. 63–69. (In Russ.)

LITHIUM-BEARING POLYCOMPONENT DEEP BRINES OF THE HYDROMINERAL PROVINCE OF THE SIBERIAN PLATFORM AND THEIR USE AS A RAW MATERIAL BASE FOR THE CREATION OF NEW PRODUCTION IN THE IRKUTSK REGION

V.V. Boldyrev^{a,*}, N.M. Buinov^{b,**}, A.G. Vakhromeev^{c,***},
N.P. Kotsupalo^{d,****}, A.M. Kochnev^{b,*****}, L.T. Menzherez^{d,*****},
 A.D. Ryabtsev^{d,*****}, V.I. Titarenko^{d,*****}, E.O. Chertovskikh^{b,*****}

^aV.V. Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, Novosibirsk, Russia

^bOOO "Irkutsk Oil Company", Irkutsk, Russia

^cInstitute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia

^dOOO "Ekostar-Nautekh", Novosibirsk, Russia

*E-mail: v.boldyrev1@g.nsu.ru

**E-mail: president@irkutskoil.ru

***E-mail: andrey_igp@mail.ru

****E-mail: nautech@mail.ru

*****E-mail: Kochnev_AM@irkutskoil.ru

*****E-mail: nautech@mail.ru

*****E-mail: nautech@mail.ru

*****E-mail: nautech@mail.ru

*****E-mail: chertovskih_eo@irkutskoil.ru

The article shows, using the example of cooperation between business and academic and applied science, how the problem of industrial development of unconventional hydromineral lithium-bearing raw material sources in the form of deep polycomponent lithium-bearing brines of the calcium-magnesium chloride type, which occur in the depths of the sedimentary cover of the Irkutsk region, can be solved. The prospects of isolating lithium from lithium-bearing brines of this type in the form of aqueous solutions of its chloride by using a lithium chloride-selective sorbent based on the defective structure of the $\text{LiCl} \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ compound are substantiated. The main stages of long-term fundamental and applied research are described, which made it possible to bring the created scientific groundwork to industrial implementation in the Russian Federation. Associated and formation waters of the Irkutsk Oil Company are used as a raw material base.

Keywords: brine, sorbent, lithium chloride, intercalation, selective sorption, desorption, purification, washing, lithium concentrate, evaporation, bromide salts, complex processing.

К НОВЫМ ОЦЕНКАМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА МОНГОЛЬСКОЙ ГЭС

© 2025 г. А.А. Тишков^{а*}, С.В. Титова^{а**}

^аИнститут географии РАН, Москва, Россия

*E-mail: tishkov@igras.ru

**E-mail: canopuss@yandex.ru

Поступила в редакцию 24.06.2025 г.

После доработки 07.07.2025 г.

Принята к публикации 10.07.2025 г.

По итогам первого заседания Российско-монгольской экспертной группы по оценке возможного воздействия строительства ГЭС “Эгийн-Гол” на озеро Байкал и р. Селенга предложены новые оценки экологических последствий реализации проекта с учётом возможных изменений ландшафтов и продукционных характеристик растительного покрова. Кратко рассмотрены альтернативные пути решения проблемы энергообеспечения Монголии. Показано, что наиболее острым с точки зрения экологических последствий решением может стать отказ от строительства Монгольской ГЭС, так как другие варианты энергообеспечения развивающегося хозяйства страны будут иметь ещё более глубокие экологические последствия. Для оценки и прогноза возможных изменений ландшафтов в бассейне р. Селенга использованы тренды вегетационных индексов (NDVI и EVI) и показателей первичной продукции растительности (NPP) за 2000–2024 гг., полученные с помощью данных космического мониторинга MOD13Q1. Общий фон динамики ландшафтов бассейна р. Селенга на данном этапе климатических изменений (после 2015 г. стартовал цикл увлажнения) на основных площадях реализации проекта (степные, сухостепные и пустынные) положительный: влияние строительства ГЭС “Эгийн-Гол” на ландшафты бассейна р. Селенга локальные, а на оз. Байкал минимальные.

Ключевые слова: Монголия, Монгольская ГЭС, бассейн р. Селенга, р. Эгийн-Гол, ландшафты, растительный покров, EVI, NDVI, NPP, опустынивание и остепнение.

DOI: 10.7868/S3034520025090036



ТИШКОВ Аркадий Александрович — член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией биогеографии ИГ РАН. ТИТОВА Светлана Владимировна — научный сотрудник лаборатории биогеографии ИГ РАН.

10 февраля 2025 г. в президиуме РАН прошло первое заседание российско-монгольской экспертной группы по оценке возможного воздействия строительства ГЭС “Эгийн-Гол” на озеро Байкал и р. Селенга. Группа создана в соответствии с Планом действий России и Монголии по рассмотрению проекта Монгольской ГЭС¹. Понятно, что проект требует внимательного рассмотрения со стороны научного сообщества России и Монголии. Эксперты планируют согласовать позиции в рациональном использовании гидроэнергетических ресурсов российской и монгольской частей бассейна озера Байкал. Все исследования будут проводиться в рамках Меморандума о взаимопонимании в области сохра-

¹ <https://www.iwp.ru/about/mass-media/pervoe-zasedanie-rossiysko-mongolskoy-gruppy-po-otsenke-vliyaniya-ges-egiyn-gol-na-baykal-i-selengu/> (дата обращения 30.04.2025).

нения озера Байкал и реки Селенга, подписанного 3 сентября 2024 г. в Улан-Баторе между Министерством природных ресурсов и экологии России и Министерством окружающей среды и изменения климата Монголии.

Как известно, эпопея с планами строительства ГЭС на р. Селенга и её притоках продолжается уже более 10 лет. В 2017 г. учёные Иркутского НЦ СО РАН под руководством академика И.В. Бычкова в рамках детальной экспертизы пришли к выводу, что строительство ГЭС в Монголии приведёт к негативным последствиям для экосистемы р. Селенга. Отмечалось, что наибольшее влияние на российскую часть р. Селенга и озеро Байкал окажет строительство ГЭС “Шурэн”, а «воздействие ГЭС “Эгийн-Гол” будет более мягким и относительно меньшим по величине» [1]. ГЭС “Эгийн-Гол” (на р. Эгийн-Гол – притоке Селенги) при установленной мощности 315 МВт, годовой выработке электроэнергии 606 млн кВт·ч и объёме водохранилища 5.5 км³ по всем показателям можно рассматривать как относительно оптимальный с экологической точки зрения вариант решения энергетической проблемы Монгольской Народной Республики (МНР).

Этот вывод стал отправной точкой нового этапа оценок последствий строительства Монгольской ГЭС. Результаты работы комиссии под руководством академика И.В. Бычкова [1, 2 и др.] в отношении оценки рисков гидрологических последствий оказались на тот момент исчерпывающими.

О НОВЫХ ПОДХОДАХ И О НЕОБХОДИМОСТИ АНАЛИЗА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

Как показывает опыт строительства ГЭС и водохранилищ в аридных областях [3, 4] спектр возникающих при этом экологических проблем много шире, чем заявлено в исследовании комиссии И.В. Бычкова [1] и требует дифференцированного анализа в отношении предмета и объекта рассмотрения.

Во-первых, это касается альтернативных вариантов обеспечения МНР электроэнергией (для балансовых оценок влияния на ландшафты), например, трансграничных поставок из России за счёт мощностей Гусиноозёрской ГРЭС в Бурятии и Саяно-Шушенской ГЭС.

Во-вторых, это возможности строительства ГЭС на реках, не связанных с бассейном Байкала. Альтернативам “Эгийн-Гол” могут быть отнесены и ГЭС на других притоках Селенги с забором воды 10–15% на освоение месторождений в Гоби (медь, золото, уголь и др.), в том числе для расширения добычи на одном из крупнейших в мире месторождений меди и золота Оюу Толгой, разрабатываемом австралийской фирмой “Рио Тинто”.

В-третьих, вполне возможным при применении новых водосберегающих технологий представляется

строительство в Монголии АЭС нового поколения, принимая во внимание, что запасы урана в стране большие.

В-четвёртых, строительство ТЭС на угле, запасы которого в стране огромные, а современные технологии позволяют (при неразмещении ТЭС в котловинах) практически избегать вредных выбросов. К этой альтернативе можно отнести и создание новых ТЭС на газе, который планируется поставлять из России по новой ветке газопровода “Сила Сибири-2” (“Союз-Восток”).

Наконец, в-пятых, это развитие солнечной и ветровой энергетики. Монголия – перспективная страна для создания мощной инфраструктуры “зелёной энергетики”. Здесь формируется один из крупнейших в мире региональных воздушных потоков, энергетический потенциал которого выше, чем в других странах [5], а по потенциалу солнечной энергетики страна – одна из лидеров в мире, поскольку на 70% территории поступление солнечной энергии составляет до 5.5–6.0 кВт·час на м² в день, что эквивалентно 2900–3000 световых часов в год.

Сразу отметим, что отказ от строительства ГЭС “Эгийн-Гол” стал бы ошибкой, поскольку альтернативные варианты связаны с куда более существенными негативными для природы Монголии и для оз. Байкал экологическими последствиями – сокращением стока р. Селенги, загрязнением окружающей среды выбросами местных котельных и электростанций на угле, фрагментацией ландшафта и прочими – в более крупных масштабах, чем при реализации этого проекта.

Как минимум три составляющие комплексного рассмотрения последствий строительства ГЭС “Эгийн-Гол” требуют детального анализа: первая – сток р. Селенга и его поступление в оз. Байкал; вторая – текущие и прогнозируемые изменения климата, способные усилить или смягчить негативные последствия строительства ГЭС; третья – динамика ландшафтного покрова, интегральной характеристикой которого могут быть продукционные параметры растительности. Именно на последнем аспекте мы остановимся более подробно, понимая, что бассейн р. Селенга включает практически всё разнообразие ландшафтов Монголии [6–8]. Речь идёт о горных светлохвойных и темнохвойных лесах (на севере и северо-востоке страны) и лесостепи (на западе региона), кустарниках, горных и равнинных умеренных и сухих (центральные восточные районы Монгольского плато), пустынях (Гоби) и высокогорных комплексах (на западе и юге страны – Монгольский Алтай, массивы Хэнтэй, Хангай и др.).

При оценке последствий строительства Монгольской ГЭС нельзя ограничиваться только гидроэкологическими рисками. Дело в том, что реализация проекта обычно охватывает значительный временной период, который вмещает процессы (в том числе циклы) изменчивости климата, расти-

тельности, почв, хозяйства, населения и пр. Каждый из них имеет своё характерное время проявления и характерное пространство протекания. Поэтому желательно учитывать следующие регламенты анализа последствий:

- помимо оценки прямых рисков, необходимо иметь в виду *балансовые оценки последствий* для всех заинтересованных сторон – экономические, геополитические, экологические, гуманитарные, имиджевые (особенно те, которые связаны с негативным воздействием на оз. Байкал);

- в случае реализации гидротехнических проектов в бассейне реки следует принимать во внимание *каскадные, кумулятивные и синергетические эффекты*, пролонгированные на характерное время реабилитации нарушенных экосистем – водных и сухопутных, а также циклов атмосферной циркуляции и гумидности/аридности климата;

- не менее существенным элементом должна стать оценка последствий при отказе от строительства, а также *цена альтернативных решений*. Бездействие или альтернативные решения могут быть более губительными для экосистемы Селенги и Байкала (например, из-за невозможности компенсационных сбросов в маловодные годы);

- синергизм в решении вопросов энергообеспечения страны подразумевает *сопряжённое решение других проблем экономического развития* – водообеспечения хозяйства, становления горнодобывающей промышленности, совершенствования транспортной инфраструктуры, трансграничного сотрудничества, территориальной охраны природы и пр.;

- существенное значение имеет и *климатический фон*, на котором предполагается функционирование реализованного проекта; например, строиться объект будет в период аридизации, а начало эксплуатации гидротехнического сооружения придётся на период гумидизации климата.

В настоящей статье представлены результаты анализа трендов состояния ландшафтного покрова и растительного покрова в бассейне р. Селенга как одного из ключевых фоновых элементов оценки последствий строительства ГЭС “Эгийн-Гол”. С этих позиций данный вопрос ранее не рассматривался. Методологически крайне трудно учесть полимасштабность и разновекторность явления и проследить переход от локального уровня оценки последствий для природы от строительства плотины и водохранилища (влияние на микро- и мезоклимат, уровень грунтовых вод, местный влагоперенос, биогеографические рубежи, новые местообитания и пр.) к региональному уровню – изменениям в бассейне р. Селенга и оз. Байкал (региональный климат и водный режим, модуль стока и продуктивность растительности, биофизические параметры отдельных ландшафтов, миграции птиц и млекопитающих).

НОВЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЭС

Наши исследования следует рассматривать как дополнение к общей картине оценки возможных последствий строительства ГЭС на притоке р. Селенга – р. Эгийн (Монгольская ГЭС). Ландшафты бассейна р. Селенга и оз. Байкал детально изучены с применением современных методов анализа и синтеза. В своей работе мы опирались на данные ландшафтно-геохимического районирования [7] и результаты ландшафтных исследований бассейна [8], на оценки колебаний речного стока Селенги [9] и влияния на него антропогенной трансформации ландшафтов [10], на представления о влиянии водохранилищ на аридные экосистемы [4] и на результаты применения вегетационных индексов NDVI для мониторинга состояния аридных экосистем Монголии [11, 12].

Для оценки динамики растительности использован индекс NDVI и более чувствительный индекс EVI (*Enhanced Vegetation Index*) [13], который был проверен на надёжность данных [14] и широко используется в мониторинге динамики аридной растительности [15, 16]. Динамика индексов NDVI и EVI стала основой составления карты трендов изменения растительности для района исследования (рис. 1). Данные EVI получены из набора данных MOD13Q1 (версия 6.1), которые предоставлены *NASA's Land Processes Distributed Active Archive Center*². Данные состоят из растровых изображений в синусоидальной проекции с 2000 г. по настоящее время (по конец 2024 г.) с пространственным разрешением 250 м и временным разрешением 16 дней.

Исследования показали, что среднегодовой EVI, который рассчитан методом Maximum Value Composite (MVC, композит с максимальным значением), может отражать потенциальную продуктивность растительности [15]. Чтобы оценить динамику состояния растительности в регионе исследования, мы использовали метод MVC для обработки данных по каждому году, генерируя зафиксированные максимальные 16-дневные значения EVI (EVI max). Далее они использовались для анализа пространственно-временных изменений индекса растительности и её реакции на климатические условия.

Межгодовые тенденции изменения EVI в регионе оценивались на основе метода линейного регрессионного анализа. Для этого использовался метод Sen's Slope [17] как подходящий для анализа данных дистанционного зондирования по сравнению с простой линейной регрессией в силу меньшей чувствительности к ошибкам в данных. Результат анализа приведён на рисунках 1 и 2, на которых представлены результаты анализа с использованием описанного метода в отношении трендов вегетационного

² <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v061/>

индекса и первичной продукции. Наклон тренда (slope) обозначает скорость изменения каждого параметра в течение временного ряда: slope > 0 указывает на тенденцию к росту для каждого параметра, а slope < 0 — на тенденцию к снижению для каждого параметра. В данном случае положительные значения наклона означают улучшение потенциальной продуктивности растительности, отрицательные — ухудшение.

Для анализа динамики продуктивности были использованы данные продукта MOD17A3 с разрешением 500 м (данные о первичной ежегодной продуктивности наземной биомассы, полученные с помощью спектрометра MODIS). На данный момент эти сведения доступны за каждый год начиная с 2000 г. и до настоящего времени. Чистая первичная продуктивность наземной биомассы (net primary productivity, NPP) в этих данных представлена в еди-



Рис. 1. Изменения NDVI за 2000–2024 гг. как главный индикатор современной динамики ландшафтов в бассейне р. Селенга и его пространственное отражение. Наклон линейного тренда EVI от 0.5 (зелёный) до -1.0 (красный). Квадратами показаны точки, предлагаемые для строительства ГЭС, серым — государственная граница, прерывистая линия — граница бассейна р. Селенга

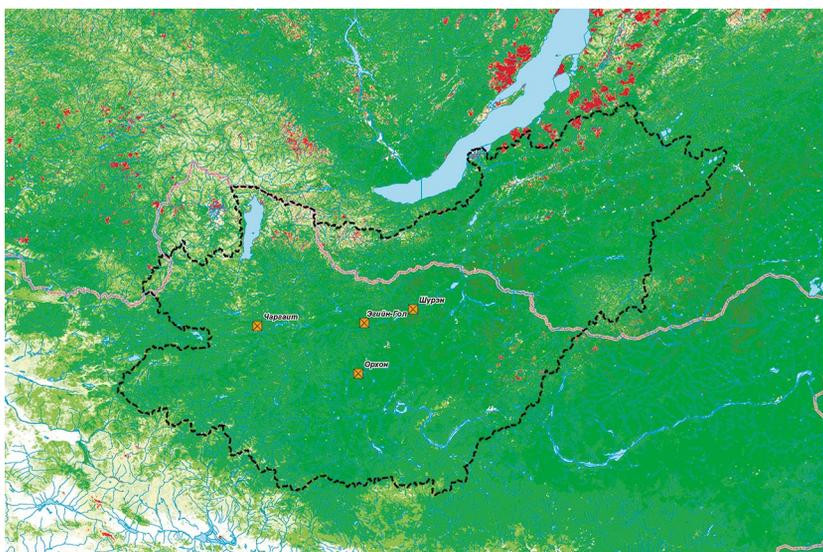


Рис. 2. Изменения первичной продукции растительного покрова за 2000–2024 гг. как индикатор современной динамики ландшафтов бассейна р. Селенга. Наклон линейного тренда NPP (чистой первичной продукции) от 2.0 (зелёный) до -1.4 (красный). Квадратами показаны точки, предлагаемые для строительства ГЭС, серым — государственная граница, прерывистая линия — граница бассейна р. Селенга



Рис. 3. Течение р. Эгийн-Гол в районе предполагаемого строительства ГЭС и водохранилища

Источник: <https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%AD%D0%B3%D0%B8%D0%B9%D0%BD-%D0%93%D0%BE%D0%BB> (дата обращения 12.05.2025).

ницах г/С на м² в год. Чтобы оценить динамику продуктивности, был проанализирован весь ряд данных за каждый год (2000–2024). Для каждой точки раstra NPP методом наименьших квадратов были вычислены коэффициенты линейного тренда по формуле:

$$b = \frac{\sum_{j=1}^{i=n} x_j y_j - n \bar{x} \bar{y}}{\left(\sum_{i=1}^{i=n} x_i^2 - n \bar{x}^2 \right)}, \text{ а также } a = \bar{y} \pm b \bar{x}.$$

Далее на основании этих коэффициентов был вычислен прогнозный показатель NPP на 2030 г. Затем для этого же ряда данных для каждой точки было вычислено среднее значение NPP. Последний шаг – расчёт разницы между средним и прогнозным (на 2030 г.) значениями, чтобы охарактеризовать динамику продуктивности. Если значение этого показателя положительное, то значит, в данной точке наблюдается рост продуктивности, если отрицательное, то её снижение. Все расчёты проводились в Google Earth Engine³, с этой целью был написан соответствующий код на JavaScript.

Методологически оценку последствий строительства Монгольской ГЭС можно строить так, что основное значение будет иметь мнение гидрологов (потери стока, сток в маловодье и засушливые периоды по вектору Селенга–Байкал–Ангара–ангарский каскад ГЭС). Но тогда любой гидротехнический проект в бассейне р. Селенга априори становится, как это называют неправительственные

экологические организации, “петлёй для Байкала”, то есть реализация проекта однозначно приведёт к ухудшению экосистемы озера Байкал. Для объекта всемирного природного наследия риски при строительстве ГЭС на Селенге и её притоках однозначно приводят к потерям водности реки и сокращению стока в озеро [1, 3]. Но, с одной стороны, соответствующий прогноз строился на период засушливого климата и развития процессов опустынивания в бассейне Селенги, а с другой стороны, растянувшееся обсуждение проекта захватило новый цикл увлажнения и развитие остепнения в засушливых ландшафтах бассейна. В итоге можно говорить о более высоких показателях модуля стока слагающих его экосистем и о возможных потерях объёмов стока, сопоставимых с погодичными и краткочерпериодичными циклами водности реки.

Отдельного рассмотрения требует проблема озера Хубсугул на севере Монголии после строительства ГЭС на единственной вытекающей из него реке. Легко представить масштабы затопления долины при нижнем уровне 810 м н.у.м. и верхнем уровне воды до 913 м н.у.м. (рис. 3). Снимок даёт представление о разнообразии экосистем, которые испытывают воздействие ГЭС и водохранилища в радиусе десятков километров. При малом воздействии потеря стока р. Эгийн-Гол в р. Селенгу и далее в Байкал значительными будут потери экосистемных услуг ландшафтов Монголии в первые десятилетия после начала строительства ГЭС. Позитивные эффекты для Монголии и расширение экосистемных услуг от создания в её аридной зоне водохранилища скорее всего проявятся только во второй половине XXI в.

³ <https://earthengine.google.com/>

КЛИМАТИЧЕСКИЙ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ФОН КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЭС

В XX – начале XXI в. выделяются два полных цикла средней годовой температуры воздуха (1912–1936 гг. и 1937–1969 гг.) и фазы двух неполных циклов: понижения (1896–1911 гг.) и подъёма (1970–1990 гг.) температуры (рис. 4). Последняя фаза роста температуры воздуха (с 1971 г.) совпадает с началом современного глобального потепления климата. Самым тёплым на большей части бассейна р. Селенга был 2007 г., а в монгольской части (на западе) – 2021 г. [2].

Многолетняя динамика стока р. Селенга [9] и возможные его изменения в связи со строительством Монгольской ГЭС показаны ранее в работе [1]. Они существенно ниже текущей изменчивости этих показателей и не могут критически повлиять на гидрологическую ситуацию в бассейне р. Селенга и оз. Байкал. Мы привлекли данные гидрологов по долговременным изменениям уровня Байкала и стока его притоков и р. Ангара [18]. Они убедительно свидетельствуют, что есть чёткая взаимосвязь многолетних изменений годового и сезонного уровня воды в Байкале и долговременных фаз повышенного/пониженного суммарного стока притоков (реки Селенга, Баргузин и Верхняя Ангара) и Ангара в створе с. Пашки.

Выявляются долговременные (10–15 лет и более) фазы пониженных/повышенных годовых и сезонных расходов воды р. Ангара. Фазы долговременных изменений суммарных годовых и за тёплый период трёх основных притоков Байкала (Селенга, Баргузин и Верхняя Ангара) совпали с последовательностью и границами контрастных фаз расходов воды Ангара и уровнями Байкала. Продолжительность долговременных контрастных фаз варьировала на Ангаре от 11 до 32 лет, в то время как на

трёх реках-притоках интервал составлял от 9–10 лет до 21 года. Расход воды в Ангаре в многоводную фазу превышал значение в маловодный период на 20–21%, а для трёх впадающих в озеро рек эти различия составляли 24–32%. В периоды пониженных среднегодовых расходов воды в Ангаре уровень озера был на 20–21 см ниже, чем в периоды её повышенного стока. Иркутская ГЭС существенно изменила средние сезонные и средние месячные расходы воды Ангара в её истоке. Произошло увеличение среднего расхода воды тёплого сезона года (разница более 20%), тогда как средний расход холодного сезона снизился, но незначительно. При этом увеличение расходов воды осенью превышало 30%, а снижение в марте и апреле – 20% [18]. Таким образом, размах изменчивости в итоге превысил расчётные оценки последствий строительства Иркутской ГЭС [18].

Флуктуации климатического и гидрологического фона могут оказывать влияние на экологические последствия как в период строительства ГЭС, так и во время заполнения водохранилища (табл. 1). Уже на стадии наполнения водохранилища “Эгийн-Гол” (от 3 до 6 лет) могут произойти сдвиги не только в объёмах стока реки и в характере его сезонных изменений, но и в условиях формирования стока на водосборе оз. Хубсунул и мелких притоках р. Эгийн-Гол. Ожидаема и очередная смена климатического периода – с относительно влажного, начавшегося в 2015 г., на засушливый, по-видимому, к моменту завершения строительства ГЭС и заполнения ложа водохранилища.

ЦИКЛЫ ЗАСУШЛИВОСТИ И РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ В БАССЕЙНЕ Р. СЕЛЕНГА

Около 90% территории Монголии находится в границах аридных и субаридных зон. Происходящая на них природная и антропогенная транс-

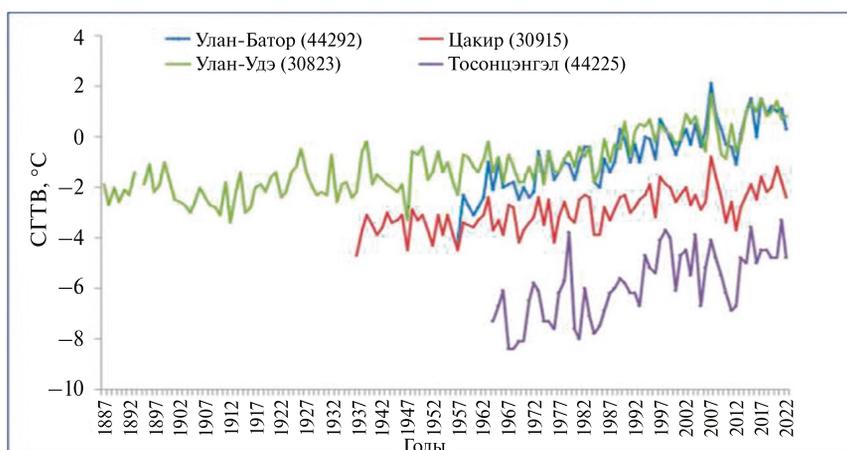


Рис. 4. Многолетняя динамика среднегодовой температуры воздуха за весь период инструментальных наблюдений на метеостанциях, расположенных в различных частях бассейна р. Селенга [2]

Таблица 1. Сценарии сроков наполнения водохранилища планируемой ГЭС на р. Эгийн-Гол для разных условий водности [1]

Обеспеченность стока, %	Время наполнения, (месяцы)
50	39
95	66
99	76

формация растительности и почв может рассматриваться как опустынивание. На начало 2024 г. до 77% территории страны были подвержены опустыниванию⁴. В первое десятилетие XXI в., то есть совсем недавно, такие земли составляли 70.33% общей площади страны [12, 19]. В результате произошло существенное сокращение объёма экосистемных услуг степных и пустынных ландшафтов, которое рассчитывается через потери увлажнения, общей и кормовой продуктивности растительности, снижение её защитных свойств от эрозии [20] (табл. 2).

Для оценки режима функционирования ландшафтов бассейна р. Селенга важен климатический фон, так как, несмотря на завершение здесь в последние годы периода засушливости, получили распространение следующие процессы опустынивания:

- деградация растительного покрова (мозаично);
- ветровая и водная эрозия, разрушение почвенной структуры (в синергии с ростом пастбищных нагрузок);
- сокращение содержания гумуса в почве;
- засоление и осолонцевание почв.

Основная причина опустынивания земель в регионе – не климат, а нерациональное природопользование. Дело в том, что степные ландшафты страдают от их интенсивного использования под пастбища; имеют значение и физико-географические особенности территорий, например, горно-котловинный рельеф, наличие легкоразвееваемых и легкоразмываемых почв, флуктуации увлажнения и механические

нарушения почвенного покрова. Изменение климата только усиливает процессы деградации земель. По нашим оценкам, засушливые зоны занимают около 80% площади бассейна р. Селенга, а в монгольской части – около 90 %.

Осадки в большей степени влияют на NDVI степной растительности, а тренд температуры воздуха – на NDVI лесной [21]. Во влажный период 1982–1999 гг. на 97.8% территории бассейна р. Селенга отмечалась положительная динамика растительного покрова. Засушливый период 2000–2015 гг. характеризовался 31.9% отрицательных трендов NDVI и 68.1% положительных (табл. 2). Важно, что в истоках р. Эгийн-Гол преобладают отрицательные тренды, а в нижнем течении в лесном поясе – положительные (см. рис. 1). Кроме того, общий фон динамики ландшафтов бассейна р. Селенга по показателям тренда продуктивности на основных площадях положительный. Главные очаги отрицательных показателей NPP лежат вне бассейна Селенги (см. рис. 2).

В районе строительства Монгольской ГЭС выбраны 3 точки (рис. 5), для которых, по данным, полученным с помощью анализа материалов дистанционного зондирования Landsat за последние 40 лет (1984–2024), прослежена динамика индекса EVI (рис. 5–6).

НОВЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ НОВЫХ ОЦЕНОК (ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ)

По нашим данным, в последнее десятилетие в аридной, степной и пустынной частях бассейна р. Селенга и непосредственно бассейна р. Эгийн-Гол наблюдалось снижение первичной продукции растений и опустынивание. Продукция степной растительности снижалась более чем на 8–10%, а лесной, наоборот, сохраняла положительный тренд до +6% в год с 1990-х годов до начала влажного климатического цикла после 2015 г. [22]. В этих условиях риски строительства ГЭС будут связаны не столько с изменениями стока ниже по течению и снижением уровня оз. Байкал, межгодовые колебания кото-

Таблица 2. Доля положительных и отрицательных трендов NDVI (GIMMS NDVIg) в бассейне р. Селенга в разные периоды увлажнения климата с 1982 г. [2]

Климатический период	Тренд NDVI	Зоны аридности			В целом по бассейну
		Семиаридная	Сухая субгумидная	Гумидная	
Влажный 1982–1999 гг.	Положительный	96.4	99.8	99.5	97.8
	Отрицательный	3.6	0.8	0.5	2.2
Засушливый 2000–2015 гг.	Положительный	77.8	53.1	64.9	68.1
	Отрицательный	22.2	46.9	35.1	31.9

⁴ https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.54b38000-6814d906-b2ec9d00-74722d776562/https/thediplomat.com/2024/05/mongolias-fight-against-desertification-and-land-degradation/ (дата обращения 30.04.2025).

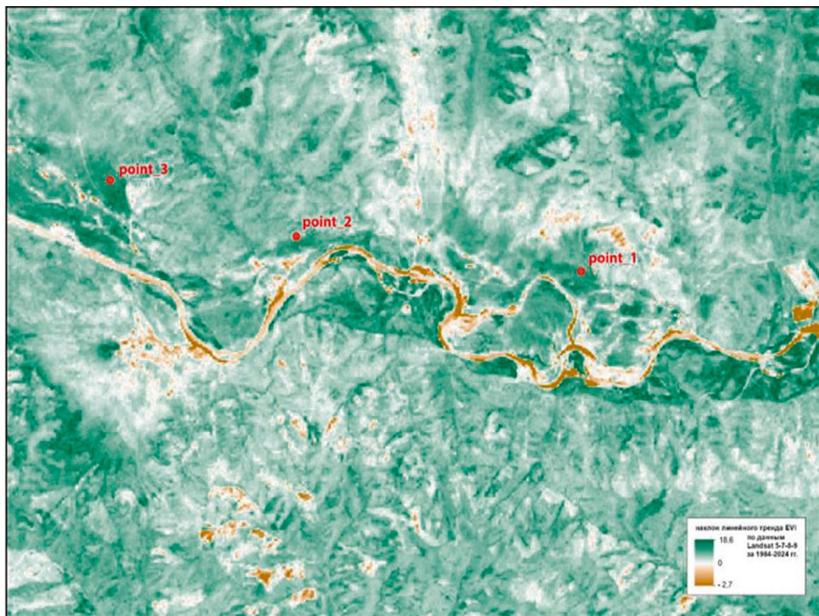


Рис. 5. Вегетационный индекс EVI в районе реализации проекта ГЭС “Эгийн-Гол”, по данным Landsat 5-7-8-9 за 1984–2024 гг. Отмечены точки 1–3, для которых прослежена динамика EVI за последние 40 лет

рых выше пределов изменений стока р. Эгийн-Гол, сколько с изменениями ландшафтной обстановки в регионе в целом и наблюдаемой цикличностью гидротермических условий (с 2015 г., судя по трендам NDVI, стартовала влажная фаза цикла). От этого зависит и модуль стока в отдельных элементах бассейна р. Селенга. Решение о возведении ГЭС должно

внести некоторые корректировки не только в технические характеристики проекта (сток, сроки заполнения водохранилища и пр.), но и в прогноз состояния ландшафтов в районе строительства, ниже по течению, в бассейне р. Селенга и оз. Байкал.

Решение вопроса о проектировании и строительстве Монгольской ГЭС затянулось настоль-

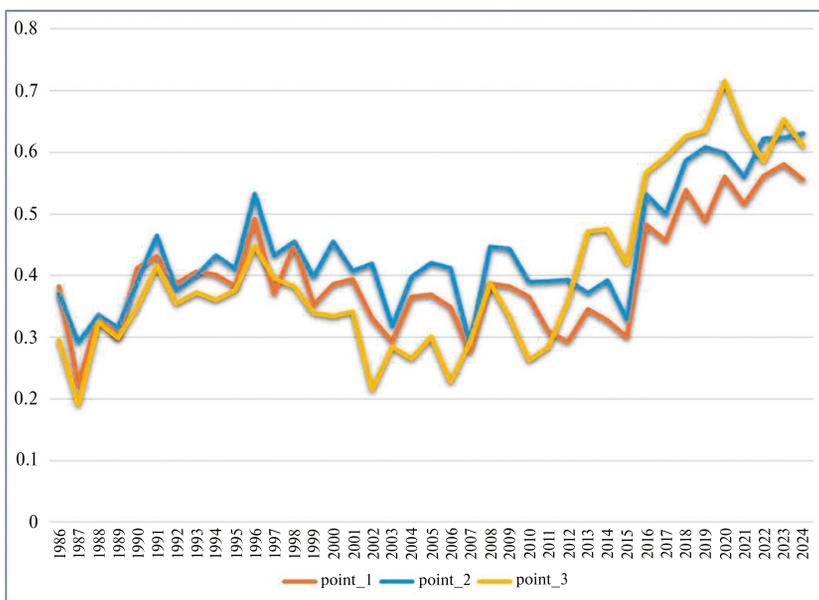


Рис. 6. Динамика индекса EVI в районе предполагаемого размещения водохранилища ГЭС “Эгийн-Гол” за 1984–2024 гг. (оценки по трём модельным точкам)

ко, что можно говорить о новом гидротермическом и ландшафтном фоне в бассейне р. Селенга и непосредственно в районе строительства ГЭС на р. Эгийн-Гол. В первые два десятилетия XXI в. в регионе наблюдался засушливый период со всеми наблюдаемыми последствиями в отношении индекса NDVI. Отмечалось усиление опустынивания, в том числе в районе предполагаемой ГЭС и водохранилища. В последнее десятилетие (после 2015 г.) климатические условия стали меняться в сторону большего увлажнения. Однако к началу 2025 г. очаги опустынивания (отрицательные тренды NDVI) сохраняются в северных и северо-восточных частях бассейна р. Селенга, а также в истоке р. Эгийн-Гол, что, по-видимому, скажется на формировании стока и состоянии ландшафтов долины реки в следующие десятилетия. Причём, как уже было сказано, продуктивность лесных ландшафтов даже несколько росла (до +6%), а степных и пустынных долгие годы снижалась, что повлекло за собой опустынивание; и лишь в последние годы здесь отмечается положительная тенденция к остепнению ландшафтов.

Главный вывод сводится к следующему. Принимая во внимание тот факт, что тренды NDVI и первичной продукции растительности региона можно считать главным индикатором изменчивости ландшафтов суши, последствия для них в случае строительства ГЭС окажутся ниже, чем выявляемые в бассейне р. Селенга 25–30-летние климатические циклы увлажнения. Сейчас в истоках р. Эгийн-Гол тренд NDVI отрицательный, а в нижнем течении и в лесном поясе водосбора — положительный. Общий фон динамики ландшафтов бассейна р. Селенга по показателям продуктивности в последние десятилетия таков, что на основных площадях реализации проекта, расположенных в границах распространения степных, сухостепных и пустынных ландшафтов, он положительный, а наиболее крупные очаги отрицательной динамики NPP в регионе лежат вне бассейна р. Селенга.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Статья подготовлена в рамках государственного задания Института географии РАН № FMWS 2024-0007.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бычков И.В., Никитин В.М., Абасов Н.В. и др.* Оценка воздействия на трансграничный бассейн реки Селенги в границах Российской Федерации в связи с планами строительства гидроэнергетических объектов на территории Монголии // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. 2018. Т. 24. С. 56–85.
Bychkov I.V., Nikitin V.M., Abasov N.V. et al. Assessment of the impact on the transboundary Selenga River basin within the borders of the Russian Federation in connection with plans to build hydropower facilities in Mongolia // Bulletin of Irkutsk State University. Series: Biology. Ecology. 2018, vol. 24, pp. 56–85. (In Russ.)
2. Гидроэкологическая безопасность бассейна реки Селенга. М.: ПринтЛето, 2023.
Hydroecological safety of the Selenga River basin. Moscow: PrintLeto, 2023. (In Russ.)
3. *Убугунов Л.Л., Борисова Н.Г., Аненхонов О.Л. и др.* Возможные эколого-биологические последствия сооружения гидроэлектростанции на реке Селенге и её притоках в Монголии // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. 2015. Т. 12. С. 58–72.
Ubugunov L.L., Borisova N.G., Anenkhonov O.L. et al. Possible ecological and biological consequences of the construction of a hydroelectric power station on the Selenga River and its tributaries in Mongolia // Bulletin of Irkutsk State University. Series: Biology. Ecology. 2015, vol. 12, pp. 58–72. (In Russ.)
4. *Данилов-Данильян В.И., Новикова Н.М., Назаренко О.Г.* Экологические последствия создания и функционирования водохранилищ в степной зоне // Экосистемы: экология и динамика. 2023. Т. 7. № 4. С. 5–28.
Danilov-Danilyan V.I., Novikova N.M., Nazarenko O.G. Ecological consequences of the creation and operation of reservoirs in the steppe zone // Ecosystems: Ecology and Dynamics. 2023, vol. 7, no. 4, pp. 5–28. (In Russ.)
5. Ветроэнергетика Монголии, <https://panor.ru/articles/vetroenergetika-mongolii/57455.html#> (дата обращения 30.04.2025).
Wind energy in Mongolia, <https://panor.ru/articles/vetroenergetika-mongolii/57455.html#> (accessed 30.04.2025). (In Russ.)
6. Экосистемы бассейна Селенги: научное издание / Отв. ред. Е.А. Востокова, П.Д. Гунин. М.: Наука, 2005.
Ecosystems of the Selenga basin: scientific publication / Ed. E.A. Vostokova, P.D. Gunin. Moscow: Nauka, 2005. (In Russ.)
7. *Герасимова М.И., Касимов Н.С., Горбунова И.А. и др.* Ландшафтно-геохимическое районирование бассейна Селенги // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 6. С. 66–72.
Gerasimova M.I., Kasimov N.S., Gorbunova I.A. et al. Landscape-geochemical zoning of the Selenga basin // Vestn. Moscow un-ta. Ser. 5. Geography. 2014, no. 6, pp. 66–72. (In Russ.)
8. *Бодданова М.Д., Герасимова М.И., Горбунова И.А. и др.* Ландшафтно-геохимическое исследование бассейна р. Селенга // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2016. № 6. С. 82–89.
Bogdanova M.D., Gerasimova M.I., Gorbunova I.A. et al. Landscape-geochemical study of the river basin.

- Selenga // *Vestn. Moscow un-ta. Ser. 5 Geography*. 2016, no. 6, pp. 82–89. (In Russ.)
9. Фролова Н.Л., Белякова П.А., Григорьев В.Ю. и др. Многолетние колебания стока рек в бассейне Селенги // *Водные ресурсы*. 2017. Т. 44. № 3. С. 243–255.
Frolova N.L., Belyakova P.A., Grigoriev V.Yu. et al. Long-term fluctuations in river runoff in the Selenga basin // *Water Resources*. 2017, vol. 44, no. 3, pp. 243–255. (In Russ.)
 10. Гунин П.Д., Микляева И.М., Бажга С.Н. и др. Особенности деградации и опустынивания растительных сообществ лесостепных и степных экосистем южного Забайкалья // *Аридные экосистемы*. 2003. Т. 9. № 19–20. С. 7–21.
Gunin P.D., Miklyaeva I.M., Bazha S.N. et al. Features of degradation and desertification of plant communities of forest-steppe and steppe ecosystems of southern Transbaikalia // *Arid ecosystems*. 2003, vol. 9, no. 19–20, pp. 7–21. (In Russ.)
 11. Тулохонов А.К., Цыдыпов Б.З., Волошин А.Л. и др. Пространственно-временные характеристики растительного покрова аридной и семиаридной климатических зон Монголии на основе индекса вегетации NDVI // *Аридные экосистемы*. 2014. Т. 20. № 2 (59). С. 19–29.
Tulokhonov A.K., Tsydyпов B.Z., Voloshin A.L., et al. Spatio-temporal characteristics of vegetation cover of arid and semi-arid climatic zones of Mongolia based on the NDVI vegetation index // *Arid ecosystems*. 2014, vol. 20, no. 2 (59), pp. 19–29. (In Russ.)
 12. Гунин П.Д., Дедков В.П., Данжалова Е.В. и др. О применении NDVI для мониторинга состояния степных и пустынных экосистем Гоби // *Аридные экосистемы*. 2019. Т. 25. № 3 (80). С. 45–52.
Gunin P.D., Dedkov V.P., Danzhalova E.V. et al. On the use of NDVI for monitoring the state of steppe and desert ecosystems of the Gobi // *Arid ecosystems*. 2019, vol. 25, no. 3 (80), pp. 45–52. (In Russ.)
 13. *Didan K., Munoz A.B., Solano R., Huete A.* MODIS Vegetation Index User's Guide (MOD13 Series); Version 3.1.; Vegetation Index and Phenology Lab. Tucson, AZ, USA: University of Arizona, 2015.
 14. *Huete A., Didan K., Miura T. et al.* Overview of the Radiometric and Biophysical Performance of the MODIS Vegetation Indices // *Remote Sens. Environ.* 2002, vol. 83, pp. 195–213.
 15. *Zhang D., Geng X., Chen W. et al.* Inconsistency of Global Vegetation Dynamics Driven by Climate Change: Evidences from Spatial Regression // *Remote Sens.* 2021, vol. 13, p. 3442.
 16. *Yuan Z., Xu J.J., Chen J. et al.* EVI Indicated Spatial-Temporal Variations in Vegetation and Their Responses to Climatic and Anthropogenic Factors in the Chinese Mainland Since 2000s // *J. Environ. Inform.* 2021, vol. 40, pp. 157–175.
 17. *Sen P.K.* Estimates of the regression coefficient based on Kendall's // *J. Am. Stat. Assoc.* 1968, vol. 63, pp. 1379–1389.
 18. *Sinyukovich V.N., Georgiadi A.G., Groisman P.Y. et al.* The Variation in the Water Level of Lake Baikal and Its Relationship with the Inflow and Outflow // *Water*. 2024, vol. 16, no. 4, p. 560. DOI: 10.3390/w16040560
 19. Мандах Н., Цогтбаар Ж., Даш Д., Ходолмор С. Система индикаторов и оценка опустынивания в Монголии // *Аридные экосистемы*. 2016. Т. 2. № 1. С. 93–105.
Mandakh N., Tsogtbaар J., Dash D., Khodolmor S. The indicator system and assessment of desertification in Mongolia // *Arid ecosystems*. 2016, vol. 2, no. 1, pp. 93–105. (In Russ.)
 20. Санжеев Э.Д., Михеева А.С., Жамьянов Д.Ц.-Д. и др. Эколого-экономическая оценка экосистемных услуг на территориях опустынивания Монголии // *Успехи современного естествознания*. 2017. № 12. С. 246–251.
Sanjeev E.D., Mikheeva A.S., Zhatyanov D.Ts.-D. et al. Ecological and economic assessment of ecosystem services in the desertification territories of Mongolia // *Advances in modern natural science*. 2017, no. 12, pp. 246–251. (In Russ.)
 21. Гармаев Е.Ж., Христофоров А.В. Водные ресурсы рек бассейна озера Байкал: основы их использования и охраны. Новосибирск: Гео, 2010.
Garmaev E.Zh., Khristoforov A.V. Water resources of the rivers of the Lake Baikal basin: principles of their use and protection. Novosibirsk: Geo, 2010. (In Russ.)
 22. *Tishkov A.A., Krenke A.N., Titova S.V. et al.* Variations in the Aboveground Phytomass in Northern Eurasia in the 21st Century // *Doklady Earth Sciences*. 2021, vol. 497, no. 2, pp. 348–353.

TOWARDS NEW ASSESSMENTS OF THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF THE CONSTRUCTION OF THE MONGOLIAN HYDROELECTRIC POWER STATION

A.A. Tishkov^{a,**}, S.V. Titova^{a,**}

^a*Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^{*}*E-mail: tishkov@igras.ru*

^{**}*E-mail: canopuss@yandex.ru*

Based on the results of the first meeting of the Russian-Mongolian expert group on assessing the possible impact of the construction of the Egiin-Gol hydroelectric power station on Lake Baikal and the Selenga River, new assessments of the environmental consequences of the project implementation were proposed, taking into account possible changes in landscapes and production characteristics of the vegetation cover. Alternative solutions to the problem of energy supply to Mongolia are briefly considered. It is shown that the most acute solution in terms of environmental consequences may be the rejection of the construction of the Mongolian hydroelectric power station, since other options for energy supply to the developing economy of the country will have even more profound environmental consequences. To assess and forecast possible changes in landscapes in the Selenga River basin, trends in vegetation indices (NDVI and EVI) and indicators of primary vegetation production (NPP) for 2000-2024, obtained using MOD13Q1 space monitoring data, were used. General background of landscape dynamics of the Selenga River basin. Selenga at this stage of climate change (after 2015 the humidification cycle started) in the main areas of the project implementation (steppe, dry steppe and desert) is positive: the impact of the construction of the Egiin-Gol hydroelectric power station on the landscapes of the Selenga River basin is local, and on Lake Baikal it is minimal.

Keywords: Mongolia, Mongolian hydroelectric power station, Selenga River basin, Egiin-Gol River, landscapes, vegetation cover, EVI, NDVI, NPP, desertification and steppe formation.

КИТАЙСКИЕ ПОРТЫ: ОТ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ХАБОВ К ИНСТРУМЕНТАМ ГЛОБАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ

© 2025 г. Н.К. Семёнова^{а,*}

^аИнститут востоковедения РАН, Москва, Россия

*E-mail: semenovanelli-2011@mail.ru

Поступила в редакцию 02.06.2025 г.

После доработки 20.06.2025 г.

Принята к публикации 07.07.2025 г.

В статье исследуется трансформация портовой системы Китая как ключевого фактора его экономического и геополитического влияния в XXI в. Начиная с реформ 1978 г. КНР совершила беспрецедентный рывок в развитии морской инфраструктуры. Сегодня Китай обеспечивает 25% глобальных морских перевозок. Автор выделяет девять точек опоры китайского портового лидерства, включая технологическое доминирование, автоматизацию, создание транснациональных логистических сетей и экспансию в рамках инициативы “Пояс и путь”. Особое внимание уделяется стратегической роли портов как инструментов мягкой силы: через управление ключевыми хабами Китай формирует зоны экономического влияния, а цифровизация портов позволяет контролировать глобальные цепочки поставок. На примере динамики грузооборота и контейнерных перевозок показано, как портовая инфраструктура стала драйвером перехода от модели “мировой фабрики” к статусу архитектора международной торговли. В заключении анализируются перспективы “Цифрового Шёлкового пути” и риски перехода от физической экспансии к технологическому доминированию.

Ключевые слова: порты Китая, морская логистика, инициатива “Пояс и путь”, контейнерные перевозки, цифровизация портов, глобальные цепочки поставок, геополитика транспорта.

DOI: 10.7868/S3034520025090044

Современная мировая экономика характеризуется усилением роли морских транспортных коридоров, которые служат ключевыми артериями международной торговли. В этом контексте порты Китая, занимающие лидирующие позиции в глобальных рейтингах, превратились не просто в инфраструктурные объекты, а в стратегические активы, которые определяют геоэкономическую политику страны.

Исторически китайские порты развивались как логистические хабы, обеспечивающие экспортно-импортные операции в рамках “фабрики мира”. Однако в XXI в. их функции значительно расширились: сегодня они выступают как инструменты реализации масштабных инициатив, таких как инициатива “Пояса и пути” (ИПП), и становятся важным элементом мягкой силы Китая в международных отношениях.

ОТ ИЗОЛЯЦИИ К МИРОВОМУ ЛИДЕРСТВУ

С момента образования Китайской Народной Республики (КНР) в 1949 г., в особенности после реализации политики реформ и открытости с 1978 г., КНР добилась значительных достижений в области транспортного развития. Наблюдалось стремительное расширение масштабов транспортных инфраструктурных объектов, значительное повышение их технического уровня, формирование комплексной транспортной системы, обеспечивающей устойчивое функционирование экономики и общества.



СЕМЁНОВА Нелли Кимовна – кандидат политических наук, старший научный сотрудник отдела экономических исследований ИВ РАН.

КНР прошла путь от изолированной экономической структуры до государства, которое активно интегрируется в международную торговлю. К 1978 г. количество национальных портов I-го класса, открытых для международного судоходства, составляло всего 51 единицу. Сегодня Китай располагает наибольшей численностью морских портов среди всех стран мира — порядка 2 тыс. единиц различного типа, включая морские, речные и другие виды портов (около 150 прибрежных терминалов). Из общего числа портов примерно 130 функционируют в режиме международного судоходства, а объём перевалки грузов — свыше 100 млн т ежегодно — обеспечивают 34 крупнейших порта страны, расположенные как на побережье, так и внутри материка, причём большинство из них (22 единицы) сосредоточено вдоль береговой линии. Восемь из десяти наиболее загруженных портов планеты расположены непосредственно на территории Китая. Доля китайского морского импорта достигает четверти мирового объёма международных грузоперевозок.

За период с начала реформ и открытости совокупный объём внешней торговли страны вырос более чем в 300 раз (в долларовом эквиваленте), тогда как объёмы перевалки грузов морскими терминалами увеличились практически в 60 раз, демонстрируя беспрецедентную динамику развития отрасли. Объём перевозок через порты, расположенные вдоль побережья материкового Китая, также значительно вырос — примерно в 50 раз. Это стало возможно благодаря расширению внешней торговли, привлечению иностранных инвестиций и развитию экспортноориентированных производств. Развитие внутреннего водного транспорта происходило ещё быстрее, рост составил приблизительно 70 раз. Этот факт отражает активное строительство инфраструктуры водных путей внутри Китая, включая крупные судоходные каналы и терминалы (табл. 1).

По данным Национального бюро статистики КНР, совокупный грузооборот портов Китая (морских и речных) за 2024 г. увеличился на 3.7% в сравнении с показателем предыдущего года — до 17.6 млрд т (16.97 млрд т в 2023 г., + 8% к 2022 г.), в том числе грузооборот морских (прибрежных) портов за 12 месяцев вырос на 3.5% — до 11.21 млрд т [5]. Контейнерооборот портов Китая (морских и речных) составил 332 млн TEU¹, увеличившись на 7.0% за 2024 г. [6].

Китай демонстрирует впечатляющие темпы роста транспортного сектора, особенно в области судоходства и морской инфраструктуры. С 1978 г. произошли значительные изменения во всех ключевых показателях отрасли: количество причалов общего назначения увеличилось примерно в 30 раз; количество причалов от 10 тыс. т и выше — почти в 20 раз; объём внешнеторговых перевозок коммерческими

судами — более чем в 200 раз, в частности, морских грузоперевозок — более чем в 100 раз. Значительно выросли инвестиции в развитие портов и улучшение условий транспортировки водным путём — в 50 раз. Количество судов постепенно сокращается, тогда как общая грузоподъёмность флота повысилась более чем в 16 раз [1, 4].

Благодаря разветвлённой сети портов и мультимодальных маршрутов, Китай минимизировал уязвимость к локальным сбоям и повысил устойчивость глобальных цепочек поставок [7]. Развитие портовой инфраструктуры привело к экономическому росту не только на прибрежных регионах, но и во внутренних провинциях за счёт создания новых логистических коридоров и хабов [8]. Портовая отрасль Китая подчинена государственному планированию, политике и стратегии на национальном и региональном уровнях и регулируется государственными нормативными актами. Оперативные функции и активы взяли на себя новые коммерческие предприятия, созданные местным самоуправлением. После передачи управления портами от центральных органов китайским компаниям объём торговли с КНР увеличивается в среднем на 21%, при этом значительная часть выгод остаётся у китайских фирм [9]. Китайская контейнерная портовая сеть характеризуется высокой степенью кластеризации и малой средней длиной пути между портами. Это обеспечивает высокую связанность и эффективность всей сети, а также способствует интеграции региональных транспортных узлов в единую национальную систему. Ранее независимые региональные сети (например, в дельтах Янцзы, Жемчужной реки и Бохайского залива) постепенно слились в единую разветвлённую структуру, где крупные хабы (Шанхай, Нинбо-Чжоушань, Шэньчжэнь) играют роль глобальных транзитных центров [8, 10]. Трансформация портовой структуры КНР способствовала устойчивости и гибкости цепочек поставок, стимулировала региональное развитие и торговлю.

Эволюция роли китайских портов отражает трансформацию экономической модели страны — от ориентации на дешёвый экспорт к стратегии глобального лидерства в торговле, инвестициях и инфраструктурном строительстве. Если в 1980–1990-е годы порты Шанхая, Шэньчжэня и Нинбо развивались благодаря притоку иностранных инвестиций и созданию особых экономических зон, то в 2000-е годы начался этап их интеграции в глобальные цепочки поставок. К 2020-м годам Китай не только обеспечил своё доминирование в контейнерных перевозках (9 из 10 крупнейших портов мира находятся в КНР), но и начал активно использовать портовую инфраструктуру как рычаг политического влияния. По итогам 2024 г. китайские порты продолжают сохранять лидирующие позиции в мировых рейтингах по различным показателям, от контейнерооборота до технологической оснащённости.

¹ TEU (twenty-foot equivalent unit) — условная единица измерения вместимости грузовых транспортных средств.

Таблица 1. Грузооборот, объём внешних грузов, контейнерооборот портов КНР и темпы прироста, 1978–2021 гг. (млн т, млрд т, млн TEU, %)

Показатель	1978	2001	2010	2021	Среднегодовые темпы роста, %			Итого прирост, %		
					1978/2021	2001/2021	2010/2021	1978/2021	2001/2021	2010/2021
Грузооборот портов (млрд т):	0.280	2.400	8.932	15.545	127	26	6	5452	548	74
в т.ч. внутренние порты	0.080	0.950	3.288	5.573	160	23	6	6866	487	69
прибрежные порты	0.200	1.450	5.645	9.973	114	28	6	4887	588	77
Внешнеторговые грузы (млрд т):	–	0.660	2.501	4.697	–	29	7	–	612	88
в т.ч. внутренние порты	–	0.060	0.213	0.509	–	36	12	–	748	139
прибрежные порты	–	0.600	2.288	4.188	–	28	7	–	598	83
Контейнерооборот (млн TEU):	0	27.48	146.00	282.72	–	44	8	–	929	94
в т.ч. внутренние порты	0	2.79	14.68	33.40	–	52	11	–	1097	128
прибрежные порты	0	24.70	131.00	249.33	–	43	8	–	909	90

Источники: составлено автором по [1–4].

Важный аспект трансформации экономической модели – участие китайских государственных и частных корпораций в управлении зарубежными портами (например, Гамбург, Пирей, Джибути, Гвадар), что позволяет Пекину формировать зоны экономического присутствия в ключевых регионах Евразии, Африки и Латинской Америки. Этот процесс сопровождается масштабными инвестициями в цифровизацию портов, внедрением блокчейн-технологий и созданием “умных” логистических систем, что усиливает конкурентные преимущества Китая.

ДЕВЯТЬ КЛЮЧЕЙ К МИРОВОМУ ГОСПОДСТВУ: КАК КИТАЙ СТАЛ ХОЗЯИНОМ МИРОВЫХ ПОРТОВ

На протяжении последних нескольких десятилетий КНР занимает центральное место в мировой экономике, став одним из крупнейших производителей и экспортёров товаров. В 2000 г. Соединённые Штаты были крупнейшим торговым партнёром для более чем 80% стран. К настоящему времени эта цифра сократилась до 30%, в то время как Китай стал крупнейшим торговым партнёром для более чем 120 стран, крупнейшим торговым партнёром Южной Америки и Африки по общему объёму, превысив показатели торговли между США и Африкой,

например, в 4 раза [11]. Основным каналом международной торговли являются морские пути, и именно порты играют ключевую роль в этом процессе.

Глобальное портовое лидерство Китая базируется как минимум на девяти ключевых точках опоры, которые обеспечивают его конкурентоспособность и влияние на международной арене.

1. *Китай стабильно доминирует в мировой экономике*, занимая около 17% по доле населения и ВВП (16.92%). Высокая доля Китая в мировом экспорте (14.19%) подтверждает его статус “мировой фабрики”, тогда как его доля в мировом импорте (10.54%) отражает зависимость от сырья (рис. 1).

2. *Доминирование КНР в глобальных рейтингах контейнерооборота и грузооборота*. Более 80 % мировой торговли товарами (по объёму) перевозится по морским путям. Значительная и растущая доля этого объёма, составляющая около 35% всех перевозок и более 60% их коммерческой стоимости, транспортируется в контейнерах. Контейнерные порты – критически важные узлы в глобальных цепочках поставок, поэтому развитие высококачественной инфраструктуры контейнерных портов стало предпосылкой успешных стратегий роста, ориентированных на экспорт.

Как уже отмечалось выше, КНР сохранила лидирующие позиции по совокупным показателям

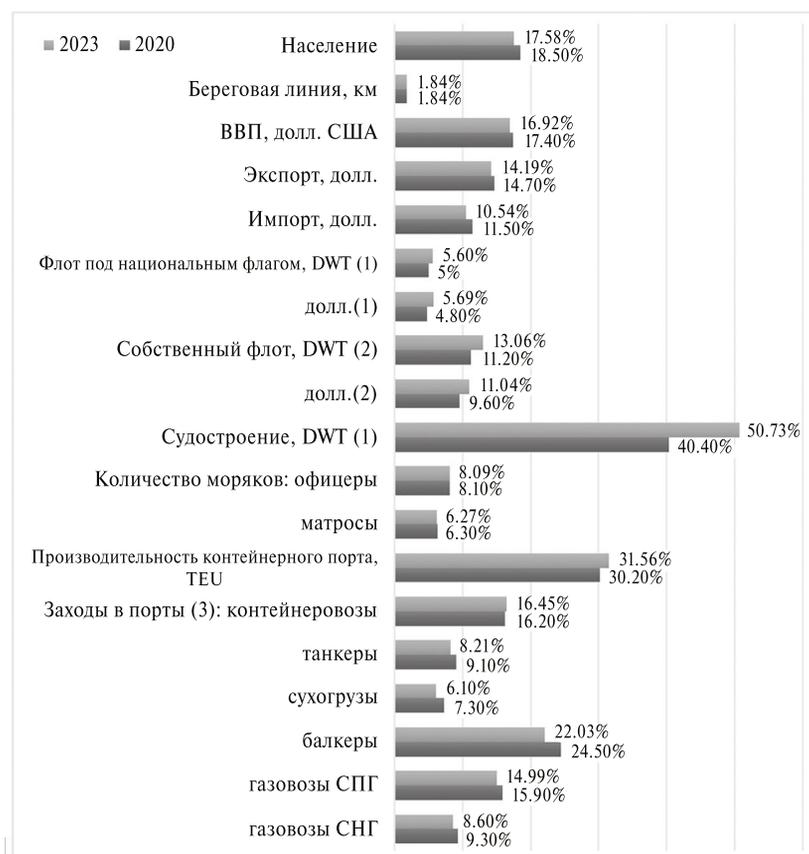


Рис. 1. Социально-экономический и морской профили Китая, 2020, 2023 гг., %

Источник: составлено автором по [12].

Условные обозначения: DWT – дедвейт, показатель грузоподъёмности грузовых торговых судов; GT – гигатонны; TEU – двадцатифутовый эквивалент – условная единица измерения вместимости грузовых транспортных средств; (1) самоходные морские торговые суда валовой вместимостью 100 т и более; (2) самоходные морские торговые суда валовой вместимостью 1000 брутто-тонн и более; (3) корабли валовой вместимостью 1000 TEU и выше; СПГ – сжиженный природный газ; СНГ – сжиженный нефтяной газ.

портовой системы в 2024 г.: грузооборот национальных китайских портов достиг 17.6 млрд т (+3.7% к 2023 г.; 16.97 млрд т в 2023 г., +8% к 2022 г.) [5]. Из десяти крупнейших портов мира по грузообороту на Китай приходится восемь [13].

Совокупный контейнерооборот китайских портов составил 330 млн TEU (первое место в мире). Китайские порты занимают лидирующие позиции в мировом рейтинге по контейнерообороту (8 портов КНР в Топ-20 за 2024 г., без учёта Тайваня). В первую десятку самых загруженных портов мира по итогам 2024 г. входят: Шанхай – первое место в мире с показателем 51.5 млн TEU, рост на 4.76%, Нинбо-Чжоушань – третье место (39.3 млн TEU, рост на 11.33%); Шэньчжэнь – четвёртое место (33.39 млн TEU, +11.75% к 2023 г.); Циндао – пятое место (30.87 млн TEU, +7.30%); Гуанчжоу – шестое место (26.45 млн TEU, +4.07%); Тяньцзинь – восьмое место (23.29 млн TEU, +4.97%) [14]. Восемь континентальных китайских

портов из Топ-20 сгенерировали 55.6% совокупного трафика 20 крупнейших портов мира [15] (табл. 2). Второе место в рейтинге занимает Сингапур с показателем 41.12 млн TEU, рост на 5.4%; седьмое место у южно-корейского порта Пусан (24.4 млн TEU, +5.4%); на девятом месте порт Джебель-Али (ОАЭ, 15.53 млн TEU, +7.3%); замыкает первую десятку Порт-Кланг (Малайзия) с показателем 14.65 млн TEU за 2024 г. и темпом роста 4.2% к 2023 г.

Несмотря на общий положительный тренд, некоторые порты Китая сталкиваются с определёнными трудностями². Так, Гонконг продолжает терять позиции и является одним из немногих портов в Топ-20, зафиксировавших снижение контейнерооборота

² Учитывая грандиозные масштабы портового хозяйства Китая, в его работе присутствует множество узких мест, но это тема отдельного исследования. Подробнее см. Семёнова Н.К. Портовое строительство КНР за 45 лет реформ и открытости // Российское китаеведение. 2024. № 3. С. 58–90. DOI: 10.48647/ISSA.2024.53.66.004

Таблица 2. Топ-20 крупнейших портов мира по перевалке контейнеров в 2023–2024 гг. и темпы роста (млн т, %)

Рейтинг 2024	Порт / Страна	2024, млн TEU	2023, млн TEU	Темпы роста
1	Шанхай / КНР	51.510	49.158	4.8%
2	Сингапур / Сингапур	41.124	39.013	5.4%
3	Нинбо-Чжоушань / КНР	39.300	35.300	11.3%
4	Шэньчжэнь / КНР	33.400	29.880	11.8%
5	Циндао / КНР	30.870	28.760	7.3%
6	Гуанчжоу / КНР	26.070	25.100	3.9%
7	Пусан / Южная Корея	24.400	23.140	5.4%
8	Порт Тяньцзинь / КНР	23.290	22.190	5.0%
9	Джебель Али / ОАЭ	15.530	14.472	7.3%
10	Порт-Кланг / Малайзия	14.645	14.061	4.2%
11	Роттердам / Нидерланды	13.820	13.447	2.8%
12	Гонконг / САР КНР	13.690	14.401	–4.9%
13	Антверпен-Брюгге / Бельгия	13.532	12.516	8.1%
14	Танджунг Пелепас / Малайзия	12.253	10.481	16.9%
15	Сямэнь / КНР	12.250	12.550	–2.4%
16	Лос-Анджелес / США	10.297	8.630	19.3%
17	Танжер Мед / Малайзия	10.241	8.617	18.8%
18	Лонг-Бич / США	9.650	8.019	20.3%
19	Лаем Чабанг / Таиланд	9.465	8.670	9.2%
20	Гаосюн (Тайвань, провинция КНР)	9.228	8.834	4.5%

Источник: составлено автором по [15].

в 2024 г., показатель порта опустился ниже отметки в 14 млн TEU, и он покинул Топ-10 мирового рейтинга; это продолжение негативной тенденции после спада на 6.9% в 2022 г. и на 14% в 2023 г. (см. табл. 2).

В то же время порт Шанхай в 2024 г. укрепил свои позиции как мировой лидер в области контейнерных перевозок и стал первым портом в мировой истории, достигшим годового контейнерооборота в 50 млн TEU. Порт удерживает статус самого загруженного контейнерного порта в мире пятнадцатый год подряд и занимает первое место в мире по связанности портов в течение 13 лет, обслуживая почти 350 международных судоходных линий, которые соединяют более 700 портов в более чем 200 странах и регионах. Шанхай занял третье место среди ведущих мировых международных судоходных

центров по индексу Xinhua-Baltic в 2024 г.³, уступая лишь Сингапуру и Лондону.

Гонконг, Нинбо-Чжоушань, Гуанчжоу, Циндао, Шэньчжэнь и Тяньцзинь также входят в Топ-20, что подтверждает доминирующую роль китайских портов в глобальной морской торговле и развитии судоходных сервисов [16]. Порт Яншань (часть порта Шанхай) занимает первое место в Глобальном индексе производительности контейнерных портов (CPPI) второй год подряд [17]. Порт Нинбо-Чжоушань

³ Xinhua-Baltic International Shipping Center Development Index (ISCDI) – оценивает развитие международных центров морского судоходства. Показатель учитывает такие факторы, как объём морских перевозок, количество портов, уровень развития инфраструктуры и наличие квалифицированных специалистов в сфере судоходства.

Таблица 3. Ведущие мировые/международные операторы терминалов, пропускная способность с поправкой на собственный капитал, 2023 г.

Рейтинг 2023	Оператор / Страна	Пропускная способность с поправкой на собственный капитал, млн TEU	Изменение к 2022 г.	Доля в грузообороте мировых контейнерных портов
1	PSA International / Сингапур	62.6	4.6%	7.2%
2	China Merchants Ports / КНР	55.0	8.7%	6.4%
3	China Cosco Shipping / КНР	53.8	1.4%	6.2%
4	APM Terminals / Нидерланды	48.9	-1.2%	5.6%
5	DP World / ОАЭ	44.3	-4.7%	5.1%
6	Hutchison Ports / КНР, САР Гонконг	43.0	-4.6%	5.0%
7	MSC Group (incl. PIL & AGL) / Швейцария	42.3	10.3%	4.9%
	Промежуточный итог	350.0	2.0%	40.4%
	Другие GTO	78.8	3.1%	9.1%
	Всего GTO	428.8	2.3%	48.6%

Источник: [19].

Условные обозначения: САР – специальный административный район; GTO (англ. global terminal operators) – глобальные операторы терминалов.

в восточной провинции Чжэцзян (КНР) демонстрирует впечатляющие результаты (грузооборот превысил 1.37 млрд т в 2024 г.), занимая первое место в мире по грузообороту шестнадцатый год подряд; контейнерооборот достиг 39.3 млн TEU с ростом 11% по сравнению с прошлым годом (табл. 3) – это самое значительное увеличение за почти семь лет. Порт имеет более 300 контейнерных маршрутов, включая свыше 250 международных, соединяющих более 600 портов в более чем 200 странах и регионах [18].

3. Инфраструктурное развитие и инновации. Китай демонстрирует значительные успехи в развитии портовой инфраструктуры: сформированы три портовых кластера мирового класса – регион Бохайского залива, регион дельты реки Янцзы и регион Большого залива Гуандун–Гонконг–Макао. К концу 2024 г. количество причалов грузоподъемностью свыше 10 тыс. т достигло в стране 2 млн 878 тыс. ед., что на 40% больше по сравнению с предыдущим десятилетием; значительно увеличилась доля крупномасштабных глубоководных специализированных терминалов [13].

Комплексная модернизация и расширение портовой инфраструктуры КНР в последние два десятилетия, обеспечившие значительное увеличение числа и продуктивности портовых комплексов, а также интеграцию китайских портов в международную сеть поставок [10], заметно изменили структуру глобальных морских транспортных маршрутов.

Сегодня китайские порты представляют собой ключевой элемент нового формата организации международных логистических процессов.

Китайские порты демонстрируют высочайший уровень операционной эффективности, автоматизации и устойчивости к внешним шокам, что подтверждают лидирующие позиции по Индексу производительности контейнерных портов (CPPI)⁴. В 2023 г. порт Яншань (Шанхай) вновь признан самым эффективным контейнерным портом мира (глобальный рейтинг среди 405 портов). В Топ-25 по CPPI, кроме Яншаня, вошли ещё девять китайских портов: Чивань (пятое место в рейтинге), Гуаньчжоу (седьмое), Нинбо (одиннадцатое), Маван (тринадцатое), Далянь (четырнадцатое), Гонконг (пятнадцатое), Ляньюньган (двадцать первое), Яньтянь (двадцать четвертое), Секоу (двадцать пятое) [20].

⁴ Container Port Performance Index (CPPI) – разработан Всемирным банком и S&P Global Market Intelligence, оценивает производительность портов по времени, которое суда проводят в порту для завершения операций – от прибытия до отхода от причала. CPPI использует такие показатели, как эксплуатационная эффективность, качество инфраструктуры (осадка, причалы и доковые сооружения), связь с внутренними транспортными сетями, экономическая эффективность и качество портовых услуг, внедрение передовых цифровых технологий и эффективные процедуры таможенной очистки и очистки контейнеров.

Согласно Индексу портовых товаров Синьхуа-SPG (XH-SPG PCI)⁵, который отражает динамику товарных потоков через крупнейшие китайские порты, включая показатели по нефти, железной руде и другим ключевым сырьевым товарам, высокие значения китайских портов [21] свидетельствуют о крупном объёме транзита и переработки сырья, что укрепляет позиции Китая как глобального логистического и промышленного хаба.

4. *Автоматизация и экологизация.* В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к введению автоматизированных терминалов, обеспечивающих реализацию безлюдных технологий обработки грузов на всех этапах портовых процессов. Китай занимает первое место по количеству функционирующих и находящихся в стадии строительства автоматических контейнерных и специализированных сухогрузных терминалов (сейчас это 52 единицы) [13]. Новые технологии, автоматизация и проекты по устойчивому развитию для повышения эффективности портов включают: краны с искусственным интеллектом, автономные грузовики и цифровую обработку данных для снижения загруженности портов; интегрированное отслеживание в реальном времени и цифровое управление портом для повышения эффективности логистики; стратегии сокращения выбросов углерода и инфраструктуру альтернативного топлива. Это позволяет КНР не только контролировать цепочки поставок, но и задавать стандарты автоматизации (например, беспилотные терминалы в порту Циндао) и “зелёной” логистики (переход на электротягу в портовой технике).

5. *Технологическое и производственное лидерство Китая* обеспечивает его доминирование в ключевых отраслях, определяющих логистическую эффективность: 96% мирового производства контейнеров осуществляют китайские компании China International Marine Containers (中国国际海运集装箱(集团), Cosco Shanghai Universal Logistics Equipment (中远海运发展股份有限公司), CXIC Group (新华昌集团有限公司) и Singamas (胜狮货柜企业有限公司); 80% рынка портовых кранов (компании ZPMC (上海振华重工), Hyster); более 50% судостроительных заказов находятся в портфелях китайских компаний [22].

6. *Развитие глобальных морских маршрутов*, обеспечивающих интеграцию китайской экономики в мировые товарные потоки, — ключевой элемент стратегически выверенной экспансии в сфере международной торговли. Китай формирует транснациональную транспортно-логистическую инфраструктуру

посредством системы hub-and-spoke⁶ [23], его порты становятся узлами, а остальные рынки — зависимыми “спицами” этой системы. По последним данным, китайские морские терминалы имеют коммерческие связи более чем с 1200 зарубежными портами [20], что создаёт основу для эффективной организации трансконтинентальных поставок и минимизации логистических издержек.

Связь стран и портов с глобальной сетью контейнерных перевозок оценивает Индекс линейного судоходства (LSCI)⁷. Китайская экономика наилучшим образом интегрирована в мировые сети линейного судоходства. Шанхай и Нинбо входят в число портов с наилучшими связями в мире. Связанность линейного судоходства Китая выросла на 38% за последние 10 лет: это самый быстрый темп роста среди пяти ведущих экономик, что подчёркивает динамичное развитие отрасли и привлекательность портовой инфраструктуры КНР для международных перевозчиков. Вторая по связям экономика, Республика Корея, увеличила свою связанность на 27% за последние 10 лет [24] (рис. 2).

В 2024 г. с наилучшими коммуникациями по шкале LSCI Китай занимал первое место, за ним следовали Южная Корея, Сингапур, США и Малайзия. Другими странами, вошедшими в Топ-10, стали Япония, Вьетнам, Испания, Великобритания и Королевство Нидерланды. Если учитывать долгосрочную тенденцию (с 2006 г.), то самые высокие показатели LSCI среди 10 стран продемонстрировали Вьетнам (199%), Китай (66%) и Южная Корея (50%). Во всех трёх случаях улучшение рейтинга LSCI обусловлено в основном увеличением размеров судов и развёрнутой мощности.

7. *Контроль над ключевыми узлами мировой торговли.* Китайские компании активно приобретают доли в важнейших стратегических портовых объектах Европы, Африки и Азии, усиливая контроль над крупнейшими узлами торговли и укрепляя позиции КНР как глобальной морской державы. Эта стратегия включает портфель инвестиций в почти 120 портов на шести континентах, долгосрочные концессии (49–99 лет) на управление ключевыми портами, интеграцию портовых инвестиций с финансирова-

⁵ Xinhua-SPG Port Commodity Index (XH-SPG PCI) позволяет отслеживать цены на товары, связанные с морскими грузоперевозками и портовой деятельностью, используется для оценки рыночных тенденций, анализа ценовых колебаний и прогнозирования спроса на определённые товары.

⁶ Hub-and-spoke — это сетевая архитектура, в рамках которой центральная площадка (хаб) подключается к нескольким удалённым площадкам (спицам) для обеспечения обмена трафиком между ними.

⁷ Liner Shipping Connectivity Index (LSCI) измеряет, насколько хорошо разные страны и порты связаны с глобальной сетью контейнерных перевозок; рассчитывается на основе шести компонентов LSCI (на уровне порта и страны): количество судозаходов, пропускная способность портов по обработке контейнеров (TEU), количество регулярных линейных судоходных услуг и компаний, размер в TEU крупнейших судов, задействованных в регулярном сервисе, количество стран (или портов), которые связаны со страной (или портом) прямыми линейными судоходными услугами.

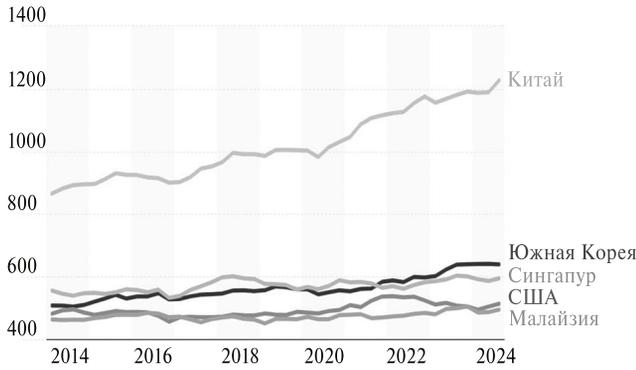


Рис. 2. Топ-5 экономик мира по индексу связанности линейных перевозок (LSCI), 2024 г.
Источник: [25].

нием сопутствующей инфраструктуры (дороги, железные дороги, промышленные зоны), стратегическое позиционирование вдоль ключевых морских маршрутов — Малаккский пролив, Суэцкий канал, Красное море, Аденский залив, Панамский канал, порты Европы, Африки, Азии и Латинской Америки [9, 11] (рис. 3).

Особую роль в укреплении позиций Китая в контроле над крупными узлами мировой торговли (и не только торговли) играет инициатива “Пояс и путь”, в рамках которой реализуется проект “Морской шёлковый путь XXI века”. Согласно Концепции морского сотрудничества в рамках ИПП, опубликованной в июне 2017 г. Национальной комиссией по развитию и реформам (NDRC) и Государственной океанической администрацией, морской шёлковый путь состоит из трёх “голубых коридоров”. Эти коридоры проходят из КНР в Африку и Среди-

земноморье через Индийский океан, в южную часть Тихого океана и в Европу через Арктику [28]. Программа направлена на создание единого транспортного пространства, объединяющего ключевые узлы мировой торговли. На сегодняшний день к проекту официально присоединились около 65 государств, что способствует не только росту грузооборота, но и углублению экономической кооперации между странами-участницами. Развитие морских коридоров, наряду с сухопутными транспортными артериями, формирует многополярную систему логистики, позволяющую диверсифицировать торговые маршруты и снижать зависимость от узких точек мировой торговли, таких как Малаккский пролив или Суэцкий канал.

8. *Повышение качества логистики в КНР*, снижение издержек и глобальная портовая экспансия стали ключами к существенному расширению экономико-логистического влияния Китая на мировой арене. Инвестиции в портовую инфраструктуру и цифровизацию процессов (автоматизация, управление потоками, внедрение ИИ) привели к сокращению времени обработки грузов и снижению логистических затрат [29]. Логистическая инфраструктура морских терминалов КНР построена на фундаменте комплексной цифровизации управленческих процессов и широкомасштабной автоматизации хозяйственных операций.

Внедрение современных информационно-коммуникационных технологий, высокотехнологичных устройств и инноваций обеспечивает поддержание высокой степени конкурентоспособности китайских портов на глобальном рынке транспортно-экспедиторских услуг, эффективное управление стремительно растущими объёмами международных грузовых перевозок, интеграцию региональных



Рис. 3. Крупные зарубежные порты с участием китайского капитала
Источник: составлено автором по [26, 27].

транспортных коридоров Китая и интенсивное развитие мультимодальных перевозок.

9. *Рост доли Китая в мировом контейнерном трафике* подтверждает укрепление позиций КНР в глобальной торговле: более 30% грузов проходит через терминалы [30], где китайские или гонконгские компании имеют прямые доли участия [11]. Владение морскими портами оказывает определяющее влияние на формирование глобальной торговой системы, воздействуя на такие ключевые её аспекты, как стоимость морских перевозок, эффективность логистических цепочек и геостратегические интересы государств. Несмотря на сохранение контроля над отдельными объектами со стороны государственных структур, большинство портовых мощностей в мире эксплуатируется частными операторами терминалов, судовладельческими компаниями и профильными инвестиционными фондами, что оказывает непосредственное влияние на организацию международных товаропотоков. На долю семи крупнейших мировых операторов терминалов (ГТО), в числе которых три китайские, по итогам 2023 г. приходилось более 40% мирового грузооборота портов (с поправкой на собственный капитал) (табл. 3).

Две китайские государственные компании, China Merchants Port Holdings Company Limited (СМР; 招商局港口控股) и COSCO Shipping Ports Limited (COSCO; 中远海运港口), дочерняя портовая компания China COSCO Shipping Corporation (中远海运集运), контролируют 12.6% мирового контейнерооборота (6.2% и 6.4% соответственно) [26, 31]. До 2025 г. частная гонконгская компания Hutchison Port Holdings (和記港口), активно сотрудничающая с государственными предприятиями КНР, участвовала в стратегически важных глобальных портовых проектах и контролировала 5% мирового контейнерооборота [19] (см. табл. 3). Это позволило Китаю не только интегрировать собственную экономику в мировую логистику, но и оказывать влияние на глобальные цепочки поставок за счёт контроля над ключевыми транспортными узлами [9, 22]. Однако после недавнего скандала относительно Панамского канала в рамках тарифной войны США [32] Hutchison объявила о намерении продать 80% своих глобальных портовых активов MSC (Швейцария) и BlackRock Infrastructure Partners (США). Исход сделки пока неясен.

ЦИФРОВАЯ ЭКСПАНСИЯ: КАК КИТАЙСКИЕ ПОРТЫ МЕНЯЮТ МИР

Рост портовой инфраструктуры Китая вызвал глубокие структурные изменения в морских транспортных сетях, повысил связанность и устойчивость глобальных логистических цепочек, усилил экономическое и геополитическое влияние Китая на мировую торговлю. Эффективность работы ки-

тайских морских ворот усиливается также благодаря успешному развитию интегрированных мультимодальных транспортно-логистических сетей, позволяющих быстро и надёжно доставлять грузы от отправителей до получателей. В результате резко возросла конкурентоспособность Китая в сфере международных перевозок, укрепились позиции китайского экспорта на мировых рынках, усилилось влияние КНР на формирование устойчивых экономических связей между странами Азии, Европы, Африки и Америки.

Портовые комплексы традиционно играли ключевую роль в международной торговле и логистике, однако современная цифровая революция добавила совершенно новые измерения их стратегической значимости. С развитием технологий цифровые платформы управления становятся важнейшими инструментами контроля над международными транспортными коридорами и цепочками поставок. Сегодня именно через автоматизированные системы осуществляется координация потоков товаров, грузов и ресурсов между странами и континентами. Расширение портовой системы КНР за пределы границ Поднебесной сопровождается экспортом китайских эталонов: происходит внедрение китайских технических решений и стандартов, создание унифицированных цифровых платформ, связывающих китайские и зарубежные порты в единую информационную экосистему, перенос китайских моделей управления.

Помимо чисто экономических функций, крупные морские узлы играют важную роль в формировании информационной среды. С помощью современных методов анализа социальных сетей стало возможным оценить влияние ключевых инфраструктурных объектов — аналогично тому, как центральные хабы в сети формируют информационные потоки и оказывают воздействие на восприятие событий обществом. Статистика грузоперевозок, цен на фрахт и другие показатели деятельности крупных портов активно используются аналитиками и инвесторами для оценки состояния мировой экономики и предсказания будущих трендов. Информация о загрузке терминалов, объёме импорта-экспорта и динамике судоходства оказывает значительное влияние на ожидания участников рынка относительно будущего спроса и предложения товаров и сырья. Интеграция портовых систем с общенациональной информационной структурой позволяет оперативно реагировать на изменения в международных транспортных маршрутах и своевременно корректировать экономическую политику государства.

Фундаментальные изменения в глобальной экономической и политической системе проявляются в том числе в эволюции морских портов, которые становятся не просто логистическими узлами, а инструментами стратегического влия-

ния, сочетая экономические, политические, военные и информационные функции. Контроль над ключевыми портами обеспечивает государствам возможность не только влиять на глобальные торговые потоки, но и проецировать своё влияние в стратегически важных регионах, формировать экономические зависимости и укреплять геополитические позиции. Эта трансформация отражает более широкий тренд к “стратегизации” экономической деятельности и инфраструктуры в контексте растущей глобальной конкуренции между великими державами.

Инициатива “Пояса и пути”, ставшая локомотивом развития транспортных проектов и глобальной портовой системы КНР, вероятно, достигла пределов расширения. Исходя из опыта Китая в отношении континентальных, собственно китайских, портов после масштабных инвестиций и грандиозного строительства с обретением избыточных мощностей последует оптимизация существующих проектов, анализ их экономической эффективности, ликвидация нерентабельных и автоматизация и цифровизация рентабельных активов. Вероятно, эволюция “Пояса и пути” продолжится в цифровом пространстве, и цифровой Шёлковый путь простимулирует создание интегрированных информационных систем, соединяющих порты этой инициативы. Будут построены смарт-порты нового поколения, электронные торговые платформы интегрируют порты с цифровыми торговыми экосистемами, контролируемые Китаем, и т.д.

Эволюция роли китайских портов от простых логистических узлов до стратегических инструментов геополитического влияния представляет собой многоплановую трансформацию, охватывающую технологические, геополитические и военные аспекты. Эта эволюция отражает более широкий подход Китая к использованию экономических активов для достижения долгосрочных стратегических целей.

* * *

Портовая система Китая представляет собой не просто совокупность инфраструктурных объектов, а сложный стратегический инструмент, интегрированный в национальную экономическую модель и глобальную экспансию страны. Её значение выходит далеко за рамки транспортно-логистических функций, превращаясь в ключевой элемент экономического и геополитического влияния КНР.

Стратегический инструмент портовой системы основан на нескольких взаимосвязанных компонентах. Во-первых, китайские порты служат основными точками входа и выхода для товаров, обеспечивая бесперебойную работу экспортно ориентированной экономики. Концентрация грузопотоков через такие гиганты, как Шанхай, Нинбо-Чжоушань или Гуанчжоу, позволяет Китаю

диктовать условия в международной торговле, формируя глобальные цепочки поставок. Во-вторых, портовая инфраструктура стала платформой для внедрения инновационных технологий – от автоматизированных терминалов до цифровых систем управления грузами, что значительно повышает эффективность и снижает издержки. В-третьих, контроль над критическими морскими узлами, включая инвестиции в зарубежные порты (Пирей, Хамбантога, Гвадар), превращает Китай в архитектора международных логистических маршрутов.

Использование этого инструмента происходит через многоуровневую систему мер. В рамках инициативы “Один пояс – один путь” Китай не только модернизирует собственные порты, но и активно участвует в развитии портовой инфраструктуры других стран, создавая тем самым сеть зависимых от китайских стандартов транспортных узлов. Это позволяет Пекину обеспечивать беспрепятственный экспорт своих товаров и влиять на логистические потоки в ключевых регионах – от Юго-Восточной Азии до Восточной Африки и Европы. Кроме того, интеграция портов с прибрежными промышленными кластерами (например, в дельте Янцзы или Чжуцзяне) сокращает издержки производства и транспортировки, что усиливает конкурентоспособность китайских товаров на мировом рынке.

Встраивание портовой стратегии в общую экономическую политику Китая свидетельствует о её системной роли. Портовая инфраструктура поддерживает модель двойной циркуляции, обеспечивая как внутренние потребности в сырье и компонентах, так и экспорт готовой продукции. Более того, она служит катализатором развития сопутствующих отраслей – судостроения, логистических услуг, цифровых платформ. Например, китайские компании, такие как COSCO Shipping, используют преимущества собственных портов для оптимизации маршрутов и снижения фрахтовых затрат, что в конечном счёте удешевляет доставку китайских товаров и усиливает их позиции в ценовой конкуренции.

Глобальная стратегия КНР в отношении портовой инфраструктуры направлена на формирование альтернативных существующему миропорядку торгово-логистических сетей. Контроль над портами позволяет Китаю не только минимизировать риски, связанные с возможными блокадами или санкциями (например, в Малаккском проливе), но и создавать новые центры экономического влияния. Это особенно важно в контексте соперничества с США и их союзниками: китайские инвестиции в порты Африки, Латинской Америки и Южной Азии обеспечивают лояльность местных элит и расширяют зону использования юаня в расчётах.

Конкретное влияние китайских портов на мировую экономику проявляется через несколько механизмов. Во-первых, их высокая пропускная

9. *Mardell J.* PRC Dominance Over Global Port Infrastructure // China Brief Volume: 25, is. 4. The Jamestown Foundation. February 28, 2025. <https://jamestown.org/program/prc-dominance-over-global-port-infrastructure/> (accessed 20.05.2025).
10. 郭建科, 何瑶, 侯雅洁. 中国沿海集装箱港口航运网络空间联系及区域差异[J]. [Го Цзянькэ, Хэ Яо, Хоу Яцзе. Пространственные связи и региональные различия в сетях судоходства в прибрежных контейнерных портах Китая] // 地理科学进展 [Progress in Geographical Sciences], 2018, 37(11): 1499–1509. DOI:10.18306/dlkxjz.2018.11.006
11. *Runde D.F., Hardman A., Bonin C.* Responding to China's Growing Influence in Ports of the Global South // Center for Strategic & International Studies, 20.10.2024. https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/2024-10/241030_Runde_China_Ports.pdf?VersionId=lqLIQU7hTxc0R5wR5lTuG70Kfsm2Clcn (accessed 21.05.2025).
12. Maritime profile: China // UNCTAD. October 11, 2024. <https://unctadstat.unctad.org/CountryProfile/MaritimeProfile/en-GB/156/index.html> (accessed 23.03.2025).
13. *Yiran Xing, Wanqi Xu.* China's Port Cargo Throughput and Container Throughput Ranked First in the World in 2024 // Equal Ocean News. 2025, Apr. 01. <https://equalocean.com/news/2025040121466> (accessed 22.05.2025).
14. Top 10 container throughput of ports worldwide in 2024 // Nanjing Deers Industrial. 19.03.2025. <https://www.chinarubberfender.com/top-10-container-throughput-of-ports-worldwide-in-2024/> (accessed 23.05.2025).
15. *Kerriou A.* Containers: 2024 ranking of the world's major ports // Upply. 2025, April 03. <https://market-insights.upply.com/en/containers-2024-ranking-of-the-worlds-major-ports> (accessed 15.05.2025).
16. Xinhua-Baltic International Shipping Centre Development Index Report 2024. <https://www.balticexchange.com/content/dam/balticexchange/consumer/documents/Xinhua-Baltic-ISCDI-Report-2024.pdf> (accessed 24.05.2025).
17. *Si K.* Shanghai port handles 50 million teu in 2024 // Seatrade maritime news. 2025, January 2. <https://www.seatrade-maritime.com/ports-logistics/shanghai-port-handles-50-million-teu-in-2024> (accessed 25.05.2025).
18. 宁波舟山港年货物吞吐量连续16年位居全球第一 [Годовой грузооборот порта Нинбо-Чжоушань занимает первое место в мире уже 16 лет подряд] // 浙江省交通运输厅 [Департамент транспорта провинции Чжэцзян], 22.01.2025. https://jtyst.zj.gov.cn/art/2025/1/22/art_1229304975_59040264.html#:~:text=近日,浙江省海港投资,稳居世界第三 (дата обращения 24.05.2025).
19. *Hadland E. et al.* Global Container Terminal Operators Annual Review and Forecast 2024/25 / Hadland E., Tomar R., Hooper E., Batura K., Singh A. London: Drewry Maritime Research, 2024.
20. The Container Port Performance Index 2023. Washington: International Bank for Reconstruction and Development, 2024.
21. Xinhua-SPG Port Commodity Index (XH-SPG PCI) released in Qingdao // China Economic Information Service. 27.10.2021. <https://en.prnasia.com/releases/apac/xinhua-spg-port-commodity-index-xh-spg-pci-released-in-qingdao-338079.shtml> (accessed 26.05.2025).
22. *Ghiretti F. et al.* Research for TRAN Committee – Chinese Investments in European Maritime Infrastructure. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies / Ghiretti F., Gökten M., Gunter J., Pindyuk O., Sebastian G., Tonchev P., Zavorská Z. // Brussels: European Union, 2023.
23. 增加值贸易对全球经济联动的影响 [Ян Цицизюнь. Влияние торговли товарами с добавленной стоимостью на глобальные экономические связи] // 中国社会科学 [Chinese Social Sciences, 2019, no. 4]. [https://www.cssn.cn/glx/glx_xsxz/202208/t20220819_5473812.shtml#:~:text=在增加值贸易时代,没有考虑贸易成本因素。\(дата обращения: 27.05.2025\).](https://www.cssn.cn/glx/glx_xsxz/202208/t20220819_5473812.shtml#:~:text=在增加值贸易时代,没有考虑贸易成本因素。(дата обращения: 27.05.2025).)
24. China still clearly the economy most integrated into global liner shipping networks // UNCTAD, 2024. <https://unctadstat.unctad.org/insights/theme/246#indicator-52> (accessed 28.05.2025).
25. Port performance and maritime trade and transport facilitation. Review of maritime transport 2024. Chapter IV. <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2024> (accessed 18.05.2025).
26. 中国海外港口投资格局的空间演化及其机理 [Пространственная эволюция и механизм инвестиционной модели зарубежных портов Китая]. <http://www.progressingeo.com/article/2019/1007-6301/1007-6301-38-7-973.shtml> (дата обращения 19.05.2025).
27. *Banach C., Gunter J.* Mapping China's global port network: on the backfoot in 2024, but still well entrenched // MERICS. 2024, Nov 07. <https://merics.org/en/comment/mapping-chinas-global-port-network-backfoot-2024-still-well-entrenched> (accessed 19.05.2025).
28. Full text of the Vision for Maritime Cooperation under the Belt and Road Initiative // The State Council of PRC, 20.06.2017. https://english.www.gov.cn/archive/publications/2017/06/20/content_281475691873460.htm (accessed 28.05.2025).
29. *Munim Z.H., Schramm H.-J.* The impacts of port infrastructure and logistics performance on economic growth: the mediating role of seaborne trade // Journal of Shipping and Trade (JST), ISSN 364-4575,

- Springer Open, London, 2018, vol. 3, iss. 1, pp. 1–19. DOI: 10.1186/s41072-018-0027-0.
30. China Port List: Gateways to Global Trade and Economic Growth // TRADLINX, 16.02.2025. <https://blogs.tradlinx.com/china-port-list-gateways-to-global-trade-and-economic-growth/> (accessed 29.05.2025).
31. Leading group of seven major operators accounted for over 40% of global port handling in 2023 // Drewry Shipping Consultants, 12 Aug 2024. <https://www.drewry.co.uk/news/leading-group-of-seven-major-operators-accounted-for-over-40-of-global-port-handling-in-2023> (accessed 30.05.2025).
32. *La Rocco L.A.* (2025). Why the Panama Canal is a big, long-term prize in Trump’s global trade war // CNBC, 2025, May 4. <https://www.cnbc.com/2025/05/04/trump-global-trade-war-panama-canal-business.html> (accessed 30.05.2025).

CHINESE PORTS: FROM LOGISTICS HUBS TO INSTRUMENTS OF GLOBAL STRATEGY

N.K. Semenova^{a,*}

^a*Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^{*}*E-mail: semenovanelli-2011@mail.ru*

The article examines the transformation of China’s port system as a key factor in its economic and geopolitical influence in the 21st century. Since the reforms of 1978, China has made an unprecedented breakthrough in the development of maritime infrastructure. Today, China accounts for 25% of global maritime transport. The author identifies nine pillars of China’s port leadership, including technological dominance, automation, the creation of transnational logistics networks, and expansion within the framework of the Belt and Road initiative. Particular attention is paid to the strategic role of ports as soft power instruments: through the management of key hubs, China forms zones of economic influence, and the digitalization of ports allows it to control global supply chains. Using the example of cargo turnover and container transportation dynamics, it is shown how port infrastructure has become the driver of the transition from the “world factory” model to the status of an architect of international trade. The article concludes by analyzing the prospects of the “Digital Silk Road” and the risks of the transition from physical expansion to technological dominance.

Keywords: Chinese ports, maritime logistics, Belt and Road Initiative, container shipping, port digitalization, global supply chains, transport geopolitics.

ЭПОХА АКАДЕМИЧЕСКОЙ ЭКСПАНСИИ. ПРОГРАММА “СИБИРЬ”

ПАМЯТИ АКАДЕМИКОВ Г.И. МАРЧУКА, А.А. ТРОФИМУКА,
В.А. КОПТЮГА, Н.Л. ДОБРЕЦОВА

© 2025 г. В.Д. Ермиков^{а,*}, Н.П. Похиленко^{а,**}, В.И. Молодин^{б,***}

^аИнститут геологии и минералогии В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

^бИнститут археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск, Россия

*E-mail: ermikov@igm.nsc.ru

**E-mail: chief@igm.nsc.ru

***E-mail: molodin@archaeology.nsc.ru

Поступила в редакцию 04.06.2025 г.

После доработки 07.06.2025 г.

Принята к публикации 10.06.2025 г.

Авторы реконструируют историю зарождения, формирования и реализации не имеющей аналогов в отечественной истории комплексной программы “Сибирь”. Рассмотрены основные задачи программы, выявлена организационная роль координаторов в становлении целевых программ по важнейшим для Сибири направлениям развития конкретных отраслей экономики. Проанализирован статус программы “Сибирь” в советский и постсоветский периоды.

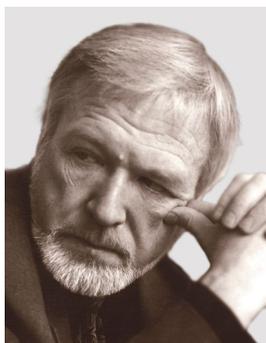
Ключевые слова: программа “Сибирь”, А.Г. Аганбегян, Г.И. Марчук, А.А. Трофимук, В.А. Коптюг.

DOI: 10.7868/S3034520025090052

В 1977 г. Сибирскому отделению Академии наук СССР исполнилось 20 лет. К тому времени ведущие учёные Института экономики и организации промышленного производства СО АН СССР, который возглавлял крупный специалист в области применения математических методов в экономике академик А.Г. Аганбегян, провели широкий спектр исследований в области экономико-математического моделирования применительно к экономике крупнейшего по территории региона страны. В 1970-х годах

впервые в стране институт практиковал научные экономические экспедиции, много давшие для анализа производительных сил отдельных регионов Сибири [1, с. 180; 2]. Вскоре на государственном уровне была поставлена задача разработать единую масштабную программу социально-экономического развития громадного региона.

К тому времени за рубежом были известны случаи, когда региональные программы становились частью системы государственного регулирования.



ЕРМИКОВ Валерий Дмитриевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, специалист-консультант ИГМ СО РАН. ПОХОЛЕНКО Николай Петрович – академик РАН, научный руководитель ИГМ СО РАН. МОЛОДИН Вячеслав Иванович – академик РАН, советник директора, заведующий отделом ИАЭТ СО РАН.

В США были реализованы программы “Теннесси” и “Транс-Аляска”, в Японии – “Хоккайдо”, в Канаде – “Залив Джеймса”. Однако все эти примеры касались отдельных отраслевых проблем относительно небольших регионов, в то время как программа “Сибирь” была ориентирована на территории двух краёв, двух автономных республик и восьми областей, что создавало определённые сложности при разработке региональных подпрограмм.

По инициативе Президиума СО АН СССР, поддержанной партийными органами территорий, в большинстве областей, краёв и автономных республик Сибири в 1977–1978 гг. прошли партийно-хозяйственные активы с участием учёных регионального отделения Академии наук. На них были сформулированы основные проблемы, стоявшие перед народным хозяйством регионов. Перечень этих проблем, представлявший своего рода заказ народного хозяйства Сибири академической науке, после инвентаризации имеющегося в Сибирском отделении научного задела лёг в основу проекта программы “Сибирь”. Большую роль здесь сыграл один из главных инициаторов программы, председатель СО АН СССР в 1975–1979 гг. академик Г.И. Марчук, которого пригласили переехать в Москву на должность заместителя председателя Совета Министров

СССР – председателя Государственного комитета по науке и технике (ГКНТ), которую он занимал с 1980 до 1986 г. Новым председателем Сибирского отделения был избран в то время ещё неизвестный широко ректор Новосибирского государственного университета академик В.А. Коптюг.

Сформировать основные задания столь обширной программы оказалось непросто. Пришлось действовать что называется на ходу: с одной стороны, накапливать опыт реализации первых инициативных проектов, с другой – продолжать инвентаризацию возможностей науки, переводя их описание на доступный потребителям язык, согласовывая и конкретизируя разноплановые задачи программы. Большую роль сыграла Всесоюзная конференция “Развитие производительных сил Сибири”, проведённая в Новосибирском Академгородке Сибирским отделением АН СССР в июле 1980 г. Основной вклад в подготовку материалов конференции внёс Институт экономики и организации промышленного производства СО АН СССР и его подразделения в областных и краевых центрах Сибири. Получилось более 90 томов подробного описания отраслевых и территориальных проблем индустриализации Сибири и возможных путей решения актуальных задач. Оргкомитет конференции во главе



Так зарождалась программа “Сибирь”. Академик А.А. Трофимук (четвёртый слева) и академик АН СССР А.Г. Аганбегян (пятый слева) среди коллег на Дальнем Востоке, 1978 г.



Высокая комиссия заслушивает разработки геофизиков ИГиГ СО РАН СССР. Июль 1980 г.
Слева-направо: вице-президент АН СССР академик А.В. Сидоренко, президент АН СССР академик А.П. Александров, директор ИГиГ СО АН СССР академик А.А. Трофимук, председатель ГКНТ СССР академик Г.И. Марчук



Так зарождалась программа “Сибирь”, 1980 г.
Слева-направо: председатель СО ВАСХНИЛ академик П.Л. Гончаров, председатель СО АН СССР академик В.А. Коптюг, председатель СО АМН СССР академик Ю.И. Бородин

с А.Г. Аганбегяном, А.Г. Гранбергом, В.А. Коптюгом и А.А. Трофимуким проделал огромную работу по формированию структуры и основных заданий единой программы “Сибирь”. В её рамках ресурсные и социально-экономические вопросы, конкретные технические и технологические решения рассматривались с учётом человеческого фактора, а также с точки зрения охраны природной среды.

Выступая с пленарным сообщением, академик А.А. Трофимук отметил, что обращение к проблемам экологии и здоровья человека украсило программу “Сибирь”. Кстати, дальнейшие исследования этих проблем позволили сибирским учёным во главе с академиком М.А. Грачёвым разработать основы принципиально новой природоохранной политики, которая впервые была применена для региона озера Байкал при разработке норм допустимых воздействий. Такая политика была основана на эколого-технологической паспортизации всех производств региона и ориентации предприятий на достижение лучших мировых показателей удельных промышленных выбросов.

Многие предложения, реализованные при подготовке программы “Сибирь”, базировались на анализе фактического материала, который был получен и систематизирован в ходе комплексных экспедиций. Они охватывали северные районы Красноярского края и Тюменской области (1979), а также Северный морской путь и зону его хозяйственного освоения (1980). Метод комплексных экспедицион-

ных исследований использовался также при проведении эколого-экономических экспертиз крупных региональных проектов и при подготовке научных конференций по развитию производительных сил Сибири.

Под руководством и при непосредственном участии академика А.Г. Аганбегяна и доктора экономических наук (позднее академика) А.Г. Гранберга был разработан принципиально новый класс систем оптимизационных межотраслевых, межрайонных и региональных моделей. Проведённые исследования позволили сделать вывод, что в интересах ускорения развития всего народного хозяйства СССР важно поддерживать опережающий (выше общесоюзного) темп развития экономики Сибири.

Официальными документами по итогам первой Всесоюзной конференции “Развитие производительных сил Сибири” стали расширенные рекомендации, а также конкретные предложения по внесению изменений в проекты годовых и пятилетних планов работ министерств и ведомств по освоению новых видов техники, технологий и продукции производства. В июле 1980 г. они были представлены в ЦК КПСС и в плановые органы СССР и РСФСР. Доработка и согласование основных заданий программы “Сибирь” растянулись на целых четыре года. Работать пришлось в основном в отделах Государственного комитета СССР по науке и технике (ГКНТ), в Президиуме Академии наук СССР, в Госплане СССР, Правительстве и Госплане РСФСР.



Обсуждение рекомендаций Всесоюзной конференции “Развитие производительных сил Сибири”, июль 1980 г.

В центре — академик А.Г. Аганбегян, *слева (сидят)* — академик В.А. Коптюг, доктор биологических наук В.И. Евсиков, первый секретарь Новосибирского обкома КПСС А.П. Филатов

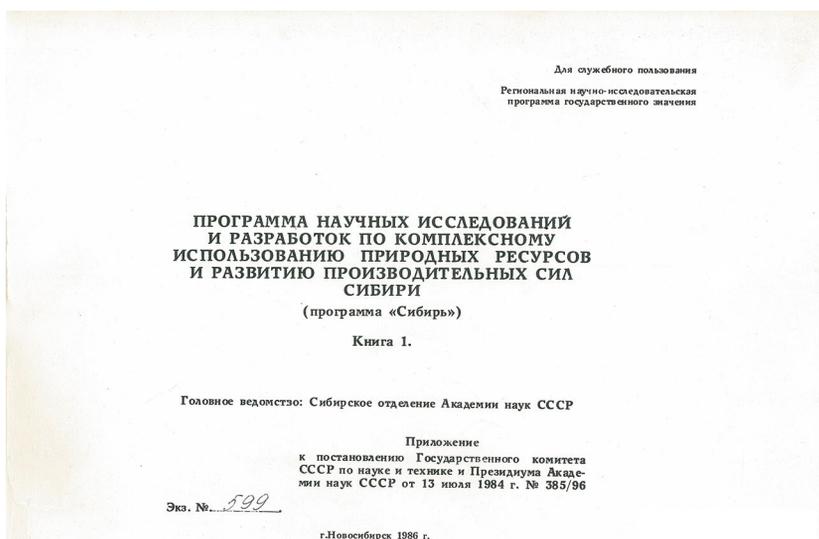


Всесоюзная конференция “Развитие производительных сил Сибири”. Павильон выставки разработок институтов Сибирского отделения АН СССР, июль 1980 г.

Ещё до официального утверждения программы “Сибирь” с одобрения академиков А.А. Трофимюка и В.А. Коптюга были организованы регулярные выездные методические семинары учёных секретарей подпрограмм. Учёный секретарь подпрограммы, как правило, назначался из числа кандидатов наук и был важной фигурой — своего рода главным действующим лицом, которое продвигало порученное направления. Семинары оказались полезными, в том числе для персонального роста учёных секретарей. Сегодня, когда программа “Сибирь” давно

завершена, из 44 бывших её учёных секретарей более трети стали докторами наук, четверо — академиками и членами-корреспондентами РАН, трое — директорами академических институтов.

В совместном постановлении Государственного комитета СССР по науке и технике и Президиума АН СССР № 385/96 от 13 июля 1984 г. «Об утверждении основных заданий региональной научно-исследовательской программы “Сибирь”» отмечалось: «Программа “Сибирь” является важнейшей долгосрочной



Титульный лист программы “Сибирь”



Выездной семинар учёных секретарей программы “Сибирь”, Омск–Салехард, 1986 г. Фото на память с капитаном судна “Римский Корсаков”

региональной научно-исследовательской программой государственного значения. Главной задачей программы “Сибирь” является координация научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ для ускорения научно-технического прогресса региона, научного обоснования места и роли Сибири в едином народнохозяйственном комплексе страны». На примере программы “Сибирь” в государственную систему программно-целевого планирования был вписан новый класс научно-региональных отделений и научных центров Академии наук СССР.

Ещё раньше — 17 февраля 1984 г. — постановлением ГКНТ № 56 было утверждено “Положение о временном коллективе для проведения работ по решению перспективных научно-технических проблем межотраслевого характера, созданию и освоению в производстве новой техники, технологий и материалов”, многие пункты которого распространялись на программу “Сибирь”. Соответствующие нормы вошли в “Методические рекомендации по разработке и реализации региональных научно-исследовательских программ”, утверждённые постановлением ГКНТ и Президиума АН СССР 22 июля 1985 г. за № 405/106. Участниками программы стали институты СО АН СССР, учреждения СО ВАСХНИЛ, СО АМН СССР, вузы, отраслевые институты и производственные коллективы — всего более 400 организаций различных министерств и ведомств союзного и республиканского подчинения.

Программа “Сибирь” представляла собой своего рода матрицу из 44 взаимосвязанных ресурсных, технических и социально-экономических подпрограмм, сгруппированных в восемь секций: “Минеральные ресурсы”, “Биологические ресурсы”, “Агропромышленный комплекс”, “Технические и технологические проблемы”, “Энергетика Сибири”, “Здоровье человека в Сибири”, “Социально-экономические проблемы”, “Проблемы особой сложности и масштаба”.

Подпрограммы тоже были комплексными. Например, в подпрограмме “Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс” было предусмотрено обоснование поисково-разведочных работ, создание эффективных методов и средств вскрытия пластов, повышение нефтеотдачи. Одновременно изучался состав углеводородного сырья и способы его глубокой переработки, в том числе в местах добычи, разрабатывались методы повышения надёжности технических систем в условиях экстремального климата и вечной мерзлоты, обсуждались предложения по охране окружающей среды, социально-экономическому развитию и совершенствованию системы планирования и управления комплексом. Следует учитывать, что на Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс работала почти половина других входящих в программу “Сибирь” подпрограмм.



Всесоюзная конференция по развитию производительных сил Сибири и задачам ускорения научно-технического прогресса региона. Член-корреспондент АН СССР А.Г. Гранберг, председатель Сибирского отделения АН СССР академик В.А. Коптюг и научный руководитель программы “Сибирь” академик А.А. Трофимук дают пояснения председателю Совета Министров РСФСР В.И. Воротникову и президенту АН СССР А.П. Александрову на выставке разработок институтов СО АН СССР. Июль 1985 г.

Основными итогами работы по программе “Сибирь” стали:

- прогнозные разработки применительно к отдельным территориальным зонам, отраслям, видам ресурсов и по совокупности всех факторов;
- концептуальные предплановые проработки по крупным проектам, таким как зона БАМа, Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс, Нижне-Ангарский территориально-производственный комплекс (ТПК), Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс и др.;
- разработки по региональным разделам Комплексной программы научно-технического прогресса (КПНТП) Российской Федерации и страны в целом;
- результаты ориентированных фундаментальных научных исследований как основа решения конкретных народно-хозяйственных задач: например, теоретическое описание образования соленосных формаций для прогнозирования и поиска месторождений калийных солей; развитие теории методов магнитной спектроскопии как предпосылка создания установки “Гидроскоп” для бесскважинного поиска подземных запасов воды и др.;
- результаты прикладных НИР и ОКР, реализуемые в народном хозяйстве: опытные и опытно-промышленные образцы новой техники, приборов, конструкций и оборудования; опытно-промышленные испытания технологических процессов; опытно-промышленное производство новых материа-

лов; рабочие проекты автоматизированных систем, программная документация и т.д.

Совершенно очевидно, что решение такого широкого круга задач не под силу ни одному из министерств и ведомств. Здесь необходима интеграция усилий, которую обеспечивала программа “Сибирь”.

В ходе формирования и реализации программы сложились новые организационные формы работы на основе инициативы снизу и демократической системы управления. Программа не предполагала выделение головных организаций по проблемам. Научное и оперативное руководство её реализацией в целом осуществлял Научный совет по программе “Сибирь” при Президиуме СО АН СССР во главе с научным руководителем академиком А.А. Трофимуком, по отдельным проблемам — координационные советы подпрограмм, куда входили координаторы, ответственные исполнители основных заданий, ведущие учёные и специалисты заинтересованных министерств и ведомств, представители партийных и советских органов регионов (последние — в случае социально-экономических подпрограмм).

Объединение интересов различных министерств и ведомств в рамках комплексной научно-исследовательской программы способствовало проведению единой научно-технической политики и успешному решению актуальных отраслевых и межотраслевых проблем.

Важный этап в работе по программе “Сибирь” — всесоюзные конференции по развитию произво-

дительных сил Сибири. Они проводились один раз в пятилетку, в период составления очередного пятилетнего плана. Апофеозом стала конференция 1985 г., которая прошла с широким участием представителей краевых и областных партийных и советских органов, министерств и ведомств, научных, проектных, производственных организаций, вузов. Конференция прошла в три этапа. В апреле—мае в разных городах Сибири было проведено 18 секционных заседаний. На них обсуждались проблемы развития рудной базы, угольной, нефтяной и газовой промышленности, энергетики и энергосбережения, чёрной и цветной металлургии, машиностроения, химической и нефтехимической промышленности, лесного комплекса, строительного комплекса, транспорта, комплексного использования биологических ресурсов, сельскохозяйственного производства и мелиорации, охраны окружающей среды, здравоохранения, образования. Проведение секций за 2–3 месяца до пленарных заседаний позволило значительно расширить круг участников конференции и обеспечило обстоятельное обсуждение вопросов развития всех отраслей хозяйства Сибирского региона.

Параллельно с подготовкой обсуждения в рамках конференции актуальных задач развития региона на 12 пятилетку и более отдалённую перспективу предпринимались усилия по широкому использованию результатов исследований по программе “Сибирь”. В конце 1984 г. состоялась выставка разработок Си-

бирского отделения АН СССР в Москве, в Госплане СССР; её посетили представители всех министерств и ведомств. Аналогичная выставка была развёрнута в июле 1985 г. в Новосибирском Академгородке, во время проведения Всесоюзной конференции. Крупные машины и оборудование демонстрировались в действии на специально отведённой площадке. Результатом выставок стали рекомендации Госплана СССР по включению в государственные и отраслевые планы на предстоящую пятилетку 114 согласованных разработок, 39 разработок — в общесоюзные научно-технические программы, 9 разработок по программе “Сибирь” были рекомендованы для использования отделами Госплана СССР в качестве методических материалов при подготовке проектов планов. В дальнейшем перечень разработок, предложенных Сибирским отделением АН СССР для широкого внедрения в народном хозяйстве в 12-й пятилетку, был расширен и содержал уже около 700 наименований. Предложения по внедрению около 130 разработок были согласованы с заинтересованными министерствами и ведомствами.

16–17 июля 1985 г. на конференции в Новосибирском Академгородке прошли межсекционные заседания. Обсуждались межотраслевые и комплексные проблемы, в том числе: роль Сибири в развитии единого народно-хозяйственного комплекса и в реализации энергетической и продовольственной программ страны; рациональное природопользование и охрана окружающей среды; социальные пробле-



Гости выставки “Сибирское отделение АН СССР — народному хозяйству” в Госплане СССР. Москва, 1984 г.

Слева-направо: заместитель председателя Совета Министров СССР, председатель ГКНТ СССР академик Г.И. Марчук, председатель Госплана СССР Н.К. Байбаков, первый вице-президент АН СССР академик В.А. Котельников. Пояснение даёт вице-президент АН СССР, председатель Сибирского отделения академик В.А. Коптюг

мы Сибири и пути их решения; осуществление комплексных региональных программ и проблемы формирования ТПК. Заключительные пленарные заседания состоялись 18–19 июля. В них приняли участие член Политбюро ЦК КПСС, председатель Совета Министров РСФСР В.И. Воротников, первые секретари обкомов и крайкомов партии сибирского региона, председатели облисполкомов, министры и заместители министров СССР и РСФСР, руководители и ответственные работники ЦК КПСС, Советов Министров и Госпланов СССР и РСФСР, ГКНТ, министерств и ведомств. В заседаниях участвовали представители предприятий, научные сотрудники академий, отраслевых и проектных институтов и вузов.

На конференции были выработаны прогнозные оценки и пути решения сложных проблем развития важнейшего региона страны. Они были суммированы в окончательном тексте сводного доклада и рекомендаций. Уже 8 августа 1985 г. рекомендации конференции обсуждались на заседании Политбюро ЦК КПСС. Было признано целесообразным рекомендовать их для использования при разработке Основных направлений экономического и социального развития страны и государственных планов на 12-ю пятилетку и на период до 2000 г. Итоговый научный доклад, развёрнутые рекомендации и выступления на пленарном заседании Всесоюзной конференции были опубликованы издательством “Наука” [2] и направлены в директивные органы страны и РСФСР, в министерства и ведомства, в советские и партийные органы автономных республик, краёв и областей Сибири.

В ходе осуществления программы “Сибирь” был накоплен опыт продуктивной совместной работы организаций различных министерств и ведомств — от формулирования идеи до внедрения результатов, эффективной оказалась новая организационная форма — создание временных творческих коллективов из представителей академической, отраслевой и вузовской науки. Приведём пример.

Учёные Института геологии и геофизики СО АН СССР разработали теорию и методы многоволновой сейсморазведки. Совместно с ВНИИгеофизики, СНИИГГиМСом, СКБ геофизического приборостроения, НПО “Союзнефтегеофизика” Миннефтегазпрома СССР, трестом “Сибнефтегеофизика” Миннефтегазпрома была отработана аппаратура и методика разведки. ПГО “Иркутскгеофизика” и “Енисейгеофизика” Миннефтегазпрома РСФСР с успехом применили эти разработки при разведке нефтяных и газовых месторождений в Восточной Сибири. Предложенные новые методы вошли в отраслевые планы внедрения Миннефтегазпрома СССР на 12-ю пятилетку. В результате на основе теоретических обобщений сибирских учёных была выделена и открыта новая Лено-Тунгусская нефтегазовая провинция. В её пределах сегодня известно более

30 месторождений, в том числе ряд крупных, таких как Верхне-Чонское, Средне-Ботуобинское и др. На этой ресурсной базе уже построен и действует нефтепровод “Сила Сибири”.

Следует отметить, что геолого-разведочные работы в Восточной Сибири по сложности не имеют аналогов в мировой практике. Освоение богатств этого региона затруднено проявлениями траппового магматизма, приуроченностью нефтегазоносных комплексов к древнейшим венд-кембрийским отложениям (500 млн лет и древнее), широким развитием вечномёрзлых пород и т.д. Потребовались специальные приёмы, такие, например, как объединение в комплекс сейсморазведки и электроразведки. Это позволило при проведении поисковых и разведочных работ перейти от широкого применения косвенных методов, которые позволяют выявить лишь места предполагаемого расположения залежей, к прямым геофизическим методам обнаружения углеводородов, а значит, с большой степенью достоверности можно получать данные о месте, очертаниях и размерах залежей.

В рамках программы “Сибирь” Сибирское отделение АН СССР плодотворно взаимодействовало с организациями Мингео, Минцветмета, Минуглепрома, Минхимпрома, Миннефтегазпрома СССР и других министерств. На проблемы цветной металлургии было ориентировано семь целевых подпрограмм. Только на Норильском горно-металлургическом комбинате внедрено около 30 новых технических и технологических решений, подготовленных институтами СО АН СССР. Широкий спектр разработок для цветной металлургии был предложен к реализации в 12-й пятилетке. Среди них стоит отметить следующие:

- организация крупномасштабного производства на основе нового эффективного коллектора флотационного обогащения несulfидных руд;
- создание уникальных центрифуг для очистки свинца;
- нестационарный каталитический способ улавливания сернистого ангидрида из отходящих газов производств цветной металлургии, использование которого не только очищает воздух, но и позволяет значительно увеличить производство серной кислоты.

Совместные исследования учёных СО АН СССР (Институт горного дела) и Минчермета СССР (ПО “Сибруда”, ВостНИГРИ) по разработке и внедрению системы новых технологий и горных машин на подземных и открытых разработках Абаканского, Таштагольского, Шерегешского и Казского рудников позволили резко повысить добычу железной руды и принципиально изменить труд шахтёров. Так, благодаря новым схемам поэтажного принудительного обрушения с выемкой рудных тел суперблоками и шелевым выпуском руды удалось снизить

объёмы проходки подготовительных и нарезных выработок в 3 раза, объёмы бурения глубоких скважин в 4–5 раз, разубоживание руды с 30 до 20%.

При Президиуме СО АН СССР успешно работали временные коллективы, созданные в рамках программы “Сибирь” под руководством члена-корреспондента (позднее академика) АН СССР М.А. Грачёва в связи с выполнением постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 13 апреля 1987 г. по охране озера Байкал. Один из таких коллективов в сжатые сроки провёл оценку уровня антропогенного воздействия на Байкал различных источников загрязнения, в том числе возможности эвтрофикации озера из-за загрязнения биогенными элементами. Были разработаны методики определения микроконцентраций приоритетных токсикантов сточных вод и воздушных выбросов целлюлозно-бумажного производства, подготовлен проект документа “Нормы допустимых воздействий на экосистему бассейна озера Байкал”. Последние после обсуждения на Межведомственной комиссии по контролю за состоянием природного комплекса оз. Байкал были утверждены Академией наук, Гос-

комгидрометом, Минводхозом и Минрыбхозом СССР в качестве нормативного документа.

Другой временный научный коллектив, созданный совместно СО АН СССР и Минлеспромом СССР осенью 1988 г., разработал концепцию создания экологически замкнутого производства на Селенгинском целлюлозно-картонном комбинате, предложив конкретный план работы. Комбинат успешно реализовал предложения по утилизации твёрдых отходов производства. Была отработана промышленная технология выпуска компостов с использованием шлама — лигнина, активного ила, коры, отходов теплоэнергетики (зола бурых углей) и животноводческих и птицеводческих комплексов. С применением этих компостов и поливом очищенными сточными водами было организовано выращивание топинамбура. Накопленные крупнотоннажные отходы из золы и шлам-отстойников комбината использовались в дорожном строительстве и стройиндустрии (производство кирпича и стеновых панелей). В короткий срок поразительных успехов удалось добиться в минимизации сброса сточных вод. В 1989 г. комбинат вышел на



Участники экспедиции по рекам Енисею и Нижней Тунгуске, члены эколого-экономической экспертной комиссии СО АН СССР, июнь—июль 1988 г.

Справо-налево: первый ряд — кандидат биологических наук И.В. Семечкин (Институт леса), доктор технических наук Р.М. Каменский (Институт мерзлотоведения), кандидат геолого-минералогических наук В.Д. Ермиков (Президиум СО АН СССР), доктор биологических наук (позднее член-корреспондент АН СССР) В.И. Евсиков (Институт биологии и экологии животных); второй ряд — главный специалист института “Гидропроект” И.Г. Канторович, первый секретарь Туруханского райкома КПСС А.П. Зубаков, член-корреспондент АН СССР (позднее академик) И.И. Гительзон (зам. председателя эколого-экономической экспертной комиссии), академик А.А. Трофимук (председатель эколого-экономической экспертной комиссии), председатель исполкома Эвенкийской автономной области Красноярского края В.Е. Чепалов, член-корреспондент АН СССР В.И. Бойко, начальник отдела водохранилищ института “Гидропроект” Л.Я. Ромов, председатель Туруханского райисполкома Л.А. Малахов

мировой уровень по удельным величинам сброса загрязнений и удельному водопотреблению на тонну продукции (среднеотраслевой уровень – 160, среднемировой – 70, лучший мировой – 25, Селенгинский – 18.5 м³/т). На комбинате успешно завершился первый этап создания замкнутого водооборота (3/4 стоков возвращалось в технологический цикл), а с 1991 г. полностью прекращён сброс сточных вод в р. Селенгу.

В рамках программы “Сибирь” появилась возможность формировать межведомственные экспертные коллективы, способные осуществлять эколого-экономическую экспертизу широкого спектра работ и проектов разного масштаба. В частности, совместно с научными и производственными организациями Мингео СССР и Минцветмета СССР научные институты СО АН СССР в рамках подпрограммы “Алмазы Сибири” провели масштабные экспедиционные работы в Арктической зоне Якутии. Их результатом стало обнаружение крупных россыпных месторождений алмазов, а также ряда новых территорий с чёткими признаками присутствия в их пределах коренных месторождений алмазов.

Особое место в программе “Сибирь” занимала гуманитарная составляющая. Уместно напомнить одно из высказываний академика В.А. Коптюга относительно значимости гуманитарной науки: “Можно утверждать, что роль гуманитарных и социально-экономических наук на этом этапе жизни человечества приобретает особое значение, превосходящее даже значение естественных и технических наук, без которых, что ясно всем, нельзя решать те глобальные проблемы, которые встали перед цивилизацией. Достижения естественных, технических и экономических наук будут необходимым, но явно недостаточным условием выхода из кризиса. Без гуманитаризации всех сфер жизни реализовать концепцию устойчивого развития не удастся” [3].

В качестве одного из примеров можно привести реализацию координационной программы по изучению проблем народностей Севера, которую осуществляла Региональная межведомственная комиссия сибирских отделений АН СССР, АМН СССР и ВАСХНИЛ. Удалось наладить эффективное взаимодействие гуманитарных, экономических, естественных и технических наук, а также связь науки и практики управления социально-экономическим развитием народностей Севера [4].

Несмотря на то, что работы в рамках программы “Сибирь” успешно велись до 1990 г. и программа, безусловно, не раз доказала свою эффективность и необходимость, с переходом страны на рыночные отношения финансирование науки, в том числе и программы “Сибирь”, резко снизилось. Тем не менее активно продолжались исследования социогуманитарного профиля, нацеленные на разработку тематики устойчивого развития. По сути, это

было прямым продолжением многих идей, заложенных в программе “Сибирь” [5].

Программа “Сибирь” с переменным успехом действовала с 1978 до 1994 г. По её результатам можно заключить, что реализация крупных региональных научно-технических проектов, создание и утверждение на государственном уровне методических материалов и практических рекомендаций по формированию региональных научно-технических программ различного уровня позволили значительно повысить научную обоснованность и практическую эффективность единой государственной научно-технической политики в регионах. Появилась возможность прогнозировать и планировать создание территориально-производственных комплексов и управлять их функционированием, рационализировать взаимосвязь и временную последовательность подготовки предплановых и плановых документов перспективного, среднесрочного и текущего сквозного управления научно-техническим развитием системы “единый народно-хозяйственный комплекс – отрасль – регион – предприятие”. Изменились роль и место социально-экономических и экологических тематик в региональных программах. В Основных заданиях социально-экономического блока программы “Сибирь” подпрограммы верхнего уровня – “Сибирь в едином народно-хозяйственном комплексе” и “Социальные проблемы развития Сибири” – были ориентированы на достижение двух главных целей: увеличение вклада сибирского региона в общесоюзную экономику и достижение уровня жизни, сопоставимого с теми экономическими задачами, которые решаются в Сибири.

Изначально финансирование программы было организовано по многоканальной схеме. Главными источниками финансирования проектов были:

- бюджеты областей, краёв, автономных республик и областей Сибирского региона;
- собственные средства предприятий и организаций различных министерств и ведомств союзного и республиканского подчинения (в соответствии с планами их научно-технического развития);
- целевые бюджетные ассигнования ГКНТ, Госплана СССР, а также Госплана РСФСР, поступавшие в головное ведомство (до 1.0–1.5 млн руб. в год) и распределявшиеся Межведомственным научным советом по программе “Сибирь” между исполнителями на конкурсной основе.

Расцвет реализации программы “Сибирь” пришёлся на 1980-е годы. В настоящее время выделявшиеся тогда целевые средства могут показаться очень скромными, однако, учитывая реальный курс советского рубля того времени (65 коп. за 1 долл.), целевое финансирование программы выглядит иначе – в пересчёте на современный курс это около 1.3–1.5 млн долл. в год.

К сожалению, на рубеже веков — с распадом Советского Союза и кардинальной сменой социально-экономических условий — наука оказалась не нужна. Сторонники идей Е.Т. Гайдара не заметили, что за время деятельности программы “Сибирь” на огромной территории значительно усилился творческий потенциал, расширилась и продолжает развиваться научная инфраструктура. Аборигены сибирских академгородков назвали этот процесс “эпохой академической экспансии — самой гуманной и бескорыстной из всех пережитых и, возможно, предстоящих... Сегодня сибирские академгородки — центр академического архипелага, растянувшегося на тысячи километров, центр действующей исследовательской структуры с региональной и внегеографической научной тематикой, центр образования, наконец” [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аганбегян А.Г., Гранберг А.Г., Шнипер Р.И. и др.* Сочетание отраслевого и территориального планирования. Новосибирск: Наука, 1980.
Aganbegyan A.G., Granberg A.G., Shniper R.I. et al. Combination of sectoral and territorial planning. Novosibirsk: Nauka, 1980. (In Russ.)
2. Развитие производительных сил Сибири и задачи ускорения научно-технического прогресса в регионе: материалы всесоюзной конференции / Академия наук СССР, Ордена Ленина Сибирское отделение; отв. ред. А.Г. Гранберг. Доклады и выступления на пленарных заседаниях Всесоюзной конференции. В 2 т. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1985.
3. *Коптюг В.А.* Образование и наука в системе устойчивого развития общества // Наука в Сибири. 1995. № 36–37. С. 1–2.
Koptuyug V.A. Education and science in the system of sustainable development of society // Science in Siberia. 1995, no. 36–37, pp. 1–2. (In Russ.)
4. *Бойко В.И.* Социально-экономическое развитие народностей Севера. Программа координаций исследований. Новосибирск: Наука, 1999.
Boyko V.I. Socio-economic development of the nationalities of the North. Research coordination program. Novosibirsk: Nauka, 1999. (In Russ.)
5. Сибирь. Пути устойчивого развития (социогуманитарный аспект) / Под ред. В.И. Бойко, В.А. Ламина, В.П. Фофанова. Новосибирск: Сибирское научное изд-во, 2006.
Siberia. Paths of Sustainable Development (Socio-Humanitarian Aspect) / Edited by V.I. Boyko, V.A. Lamin, V.P. Fofanova. Novosibirsk: Siberian Scientific Publishing House, 2006. (In Russ.)
6. Академгородок. Буклет. Новосибирск: Офсет, 1997.
Akademgorodok. Booklet. Novosibirsk: Offset, 1997. (In Russ.)

THE ERA OF ACADEMIC EXPANSION. THE “SIBERIA” PROGRAM

*IN MEMORY OF ACADEMICIANS G.I. MARCHUK, A.A. TROFIMUK,
V.A. KOPTYUG, N.L. DOBRETsov*

V.D. Ermikov^{a,*}, N.P. Pokhilenko^{a,}, V.I. Molodin^{b,***}**

^a*V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia*

^b*Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS, Novosibirsk, Russia*

*E-mail: ermikov@igm.nsc.ru

**E-mail: chief@igm.nsc.ru

***E-mail: molodin@archaeology.nsc.ru

The authors reconstruct the history of the origin, formation and implementation of the comprehensive program “Siberia”, which has no analogues in Soviet and Russian history. The main objectives of the program are considered, the organizational role of coordinators in the formation of target programs in the most important areas of development of specific sectors of the economy for Siberia is revealed. The status of the program “Siberia” in the Soviet and post-Soviet periods is analyzed.

Keywords: program “Siberia”, A.G. Aganbegyan, G.I. Marchuk, A.A. Trofimuk, V.A. Koptuyug, N.L. Dobretsov.

РАЗМЫШЛЕНИЯ О НАУКЕ, РЕЛИГИИ, ЭТНИЧНОСТИ И ОБРАЗОВАНИИ

© 2025 г. Р.И. Нигматулин^{а,*}

^аИнститут океанологии им. П.П. Ширшова РАН,
Москва, Россия

*E-mail: nigmar@jmail.com

Поступила в редакцию 11.06.2025 г.

После доработки 02.07.2025 г.

Принята к публикации 07.07.2025 г.

Эссе известного российского учёного и организатора науки проникнуто тревогой за судьбу России. Он намечает болевые точки в развитии страны, более того, в поступательном развитии цивилизации. Каковы пределы научного знания и религиозного постижения мира, что есть этничность, каким должно быть образование молодёжи в современном мире — эти вопросы волнуют автора, как и многих из нас.

Ключевые слова: наука и вера, религия, атеизм, агностицизм, тайна природы и Вселенной, этничность, народ, образование, многообразие, культура.

DOI: 10.7868/S3034520025090063

Как-то на вопрос “Вы кто?” Сергей Петрович Капица ответил: “Я русский православный атеист”. Тогда я говорю про себя так: “Я татарский, русский нерелигиозный мусульманин”. Поясню, почему.

Я родился в татарской семье. Мой отец Искандер Нигматулович Нигматулин (1908–1980) — выходец из дворянских татарских родов Терегуловых и Еникеевых¹, которые жили в деревне Каргалы в Башкортостане. Там он закончил татарскую школу и с 18 лет учился в Москве, сначала на рабфаке МГУ им. Ломоносова, а потом в МВТУ им. Баумана. Стал кандидатом наук и доцентом. Началась война, он три года воевал на передовой, а потом был отозван с фронта для разработки новой военной техники.



НИГМАТУЛИН Роберт
Искандерович — академик
РАН, научный руководитель
ИО РАН.

В 1946 г. вернулся в МВТУ, где стал доктором наук, профессором в области двигателей внутреннего сгорания и энергетики.

Мама — Галия Лутфулловна (1914–2005) — тоже из татарской семьи известного в Башкортостане и Татарстане учителя русского языка Лутфуллы Абдулгазизова² (1865–1913). Он был директором русско-башкирских школ в деревнях Метелево и Серменево, а с 1902 г. — директором русско-татарской школы в г. Троицке (тогда в Оренбургской губернии, а ныне в Челябинской обл.). В Троицке у него учились татары, башкиры и казахи. Указом императора он был награждён медалью “За усердие” (1900), указом Правительствующего Сената ему присвоили звание Личного почётного гражданина (1906). Мама получила диплом врача в Уфе,

¹ Терегуловы и Еникеевы исповедовали ислам и служили русскому государству со времён Ивана III. Во время царствования Петра I отказались креститься и были лишены дворянских титулов и имущества. Их постигла судьба староверов. Екатерина II вернула им титулы, но имущество уже было потеряно, после чего они переехали из Темниковского района нынешней Мордовии в Башкирию. В те годы они называли свою этничность не как татары, а как народ темэн (темник, тюмень). Отсюда и название Темниковского района.

² О Лутфулле Абдулгазизове написаны статьи в башкирской и татарской энциклопедиях.

а выйдя замуж за моего отца, стала москвичкой. И мы, трое братьев, выросли в центре Москвы рядом с Кремлём на русской литературе и культуре и стали профессорами.

НАУКА И ВЕРА

Отец мой был атеистом, и все мы в семье и школе воспитывались на атеизме. Но в последние лет десять я, оставаясь нерелигиозным, перестал считать себя атеистом. Я осознал, что наука не всесильна, она не только сейчас, но и никогда не сможет объяснить всё, что нас волнует. В частности, невозможно постичь тайну бытия, тайну ошеломляющего разнообразия живых существ на нашей планете, тайну человеческой души. Рассуждающих таким образом называют агностиками, в то время как атеисты представляют человеческую душу как результат движения неисчислимых атомов в человеческом мозге.

Современная наука утверждает, что в нашей галактике после Большого взрыва на некотором этапе образовались атомы водорода и углерода. И они, казалось бы, такие простые (в нынешнем понимании) обрели свойства, которые привели к поразительным по сложности последствиям. Ведь из этих “простых” атомов образовались органические молекулы. А из них — аминокислоты, а потом и очень сложные белковые молекулы, из которых — многие тысячи видов растений и взаимодействующих между собой живых существ разных размеров — от долей микронов (вирусы и бактерии) до нескольких метров и даже десятков метров (киты). Возникли многие тысячи видов поразительно разнообразных рыб, птиц и млекопитающих — травоядных и хищников, поедающих травоядных. Особенно поражают многие тысячи видов насекомых, которые ведут сложноорганизованную жизнь, хотя размер их мозга составляет десятые доли миллиметра. И всё это на основе атомов углерода и водорода, кальция и малых добавок других атомов. А в завершение появился мыслящий человек, который хочет своим углеводородным мозгом, содержащим огромное (порядка 10^{27}) число атомов понять в подробностях, как устроен он сам и весь мир. Более того, используя мощь своего изобретательного ума, он преобразует окружающий его мир, научился летать с гиперзвуковой скоростью и использовать так называемый искусственный интеллект, а точнее сказать, псевдоинтеллект. Таким образом, атомы, из которых мы состоим, обладают поразительной сложностью и способностью к самоорганизации.

Но откуда взялись законы природы и мира? Кто (или что) предписал далекоидущие (на миллиарды лет вперёд) последствия атомам водорода и углерода и именно такие, а не иные электродинамические и квантовые законы, в соответствии с которыми возникли живые существа, а вместе с ними и человек? Кто предписал законы Ньютона, в частности закон всемирного тяготения? Некоторые фантази-

руют о направляющем все процессы Высшем Разуме. А нам дано только открывать и понимать существующие движущие силы природы.

После того как физики придумали планетарную модель атома, возникли фантазии, которые замечательно выразил Валерий Брюсов:

*Ещё, быть может, каждый атом —
Вселенная, где сто планет;
Там всё, что здесь, в объёме сжатом,
Но также то, чего здесь нет.*

Эти фантазии никогда не удастся ни доказать, ни опровергнуть. В них можно верить или не верить.

В связи с этим упомяну так называемые кротовые норы — теоретические пространственно-временные структуры, которые описывают некоторые физико-математические теории. Их математическое существование возможно в так называемых искривлённых пространствах. Через них якобы есть проход в другой мир с другими объектами и законами. Об этом размышлял Эйнштейн. Сегодня математическим анализом кротовых нор заняты физики-теоретики. Однажды на заседании Президиума РАН слушали доклад о кротовых норах.

Мы живем в трёхмерном пространстве и времени. А может быть, более общий мир имеет четыре и более размерностей? А мир, доступный нашим наблюдениям, представляет собой трёхмерную искривлённую гиперповерхность четырёхмерного мира, и через кротовые норы теоретически возможен переход с нашей гиперповерхности (нашей Вселенной) на другую трёхмерную гиперповерхность (другую Вселенную) четырёхмерного мира, где действуют иные физические объекты и законы? Это всё математические фантазии, которые невозможно ни подтвердить, ни опровергнуть.

Основные мировые религиозные учения (иудаизм, христианство и мусульманство) утверждают, что все законы и объекты предписал и создал Бог (а в некоторых религиях много богов) и Бог дал нам свободу и возможность познавать законы бытия. Агностики, к которым я причисляю себя, говорят, что тайна начала всех начал непознаваема. Агностики хотя бы об этом размышляют — атеисты об этом не задумываются.

Откуда начало всех начал? И об этом люди думают по-разному, а точнее верят по-разному. Атеисты, агностики и верующие по-разному отвечают на этот вопрос, и наука тут бессильна. Атеизм, агностицизм и религиозность — это разные виды веры.

Наука не исключает и не может отвергнуть веру в непостижимую тайну мира. Непосредственно в научной, хозяйственной и других видах деятельности вера не нужна, более того, она может быть избыточной, отвлекать от дела, даже приводить к догматизму. Наука познаёт нужные для жизни человека законы, но никогда не поможет нам понять начало всех начал, а также кем, или чем, или как законы природы предписаны. Научная деятельность приводит подавляющую часть учёных к атеизму,

потому что в их работе, в частности, в измерениях параметров доступного нам мира и основанных на них теориях, вера в Бога не нужна. Но не все учёные атеисты.

Например, глубоко православным христианином был великий математик и физик Николай Николаевич Боголюбов (1909–1992), который несколько лет возглавлял Объединённый институт ядерных исследований в Дубне и Отделение математики АН СССР. Бакинцы рассказали мне удивительную историю про Боголюбова во время его визита в Баку. Когда ему показали мечеть, он вошёл в неё, снял обувь и отошёл в угол. Там он помолился по православному.

Правоверным мусульманином был нобелевский лауреат, пакистанский и британский физик-теоретик Абдус Салам (1926–1996). Он, женатый на англичанке и имеющий детей-англичан, тем не менее пять раз в день совершал намаз.

В нашем социалистическом прошлом нас всех учили, что религия — опиум для народа и пережиток тёмного прошлого. Так думают атеисты. Но невозможно согласиться, что взгляды великого Боголюбова, великого Абдус Салама и многих других выдающихся учёных, верующих в Бога, — это пережиток прошлого. Ведь как-то уживались в их сознании наука и вера.

Не являясь религиозным, я считаю, что религия нужна значительной части человечества как фундаментальная основа бытия, заставляющая человека задумываться о сущем. Значительной части человечества религия помогает гармонизировать жизнь и воспитывать людей, в том числе благодаря таинствам и предписанным церемониям, которые освящают важнейшие события в жизни — рождение и прощание с усопшими.

ОБ ЭТНИЧНОСТИ. ЧТО НЕ ТАК С НЕМЦАМИ И НЕКОТОРЫМИ НАШИМИ СОСЕДЯМИ?

Размышления о разнообразии людей заставляют задуматься о роли этничности в жизни общества. Воспитываясь в советской системе, мы всегда утверждали, что все народы равны не только в области права, но и по своим сущностным характеристикам, хотя в каждом народе подразумевалось наличие хороших и плохих, добрых и злых людей. Мы привыкли думать, что культура и просвещение человеческой цивилизации будут развиваться и неуклонно усиливать своё влияние, а с развитием культуры и просвещения будут улучшаться и люди. При этом источником просвещения у нас в России считалась европейская культура, наука и университеты европейского типа. Первый российский учёный М.В. Ломоносов, как известно, учился в Германии.

В связи с 80-летним юбилеем Победы наших отцов и дедов в Великой Отечественной войне сейчас показывают кадры тех лет, в частности кинодо-

кументы массовых зверств немцев на территории России и других завоёванных ими территориях. Многие тысячи сынов просвещённого немецкого народа, давшего миру великих поэтов, учёных, композиторов, творили массовые зверства по отношению к мирному населению. Кстати, наши солдаты, несмотря на, казалось бы, законное желание отомстить, в массовых репрессиях по отношению к мирному населению оккупированной Германии замечены не были.

Отец рассказывал, как в мае 1945 г. советский солдат на улице поверженного Берлина привёз бочку супа и разливал его выстроившимся в очередь немцам, державшим в руках миски. Характерно, что никто из немцев не пытался нарушить очередь, все терпеливо ждали, никто не старался прорваться вперёд, как и положено немцам, стремящимся во всём соблюдать порядок. И это вызывало уважение у наших людей.

После поражения немецкий народ, в частности дети тех, кто привёл Гитлера к власти путём демократических выборов, дети тех, кто не только воевал против нас, но и совершал зверства, осудили фашизм и немецких фашистов. Но избрание Гитлера демократическим путём доказывает, что демократия может приводить к фашизму даже просвещённый народ.

Сейчас Германией управляют внуки немцев, творивших зверства на нашей земле. Среди них заметно выросла доля тех, кто получил университетские дипломы, кто занимается творчеством. Однако после развала СССР, ослабления России и особенно после ухода советских оккупационных войск из Германии чувство вины за Вторую мировую войну у немцев и их союзников из других стран Европы — Италии, Румынии, Болгарии, Венгрии, Финляндии — стало забываться. У них ушло чувство порочности их делов, ушло опасение, что они могут снова допустить зверства, обосновывая их защитой своих ценностей. Ссылаясь на своё право такой защиты, защиты в первую очередь от России, лидеры этих стран, несмотря на обещания не приближать НАТО к нашим границам, начали делать всё, чтобы, вовлекая бывшие страны социалистического лагеря в НАТО, ослабить безопасность России, в том числе через Украину. В Германии, как и в 1930-е годы, снова зазвучали призывы строить военные заводы и брать судьбу Европы в свои руки.

Беловежские соглашения с безоговорочным разделом территории предполагали дружеские отношения между Россией и Украиной со сложившимися согласованными экономиками и производствами в рамках СНГ. В то же время на Украине активизировались антирусские настроения. Национальным героем был объявлен Бандера, известный массовыми расстрелами советских солдат, евреев, поляков и цыган. Демонстративно стали договариваться о присоединении Украины к ЕС и НАТО. А значит, Крым, Донбасс и ряд других регионов, где преобла-

дает русское и русскоязычное население, должны были оказаться в Европе и НАТО. А военная мощь НАТО, как известно, направлена против России. В такой ситуации выход из СНГ как минимум должен стать предметом согласования с Россией. Поэтому ссылки на Беловежские соглашения и на независимость Украины (“что хочу, то и делаю”, в том числе с бывшим совместным имуществом) корректны только формально, но не по существу.

Помимо озабоченности относительно безопасности и увода 10 млн русскоязычных из сферы влияния России, наш народ считает неприемлемым закрытие на Украине школьного образования на русском языке, особенно в регионах, где большинство населения считают русский язык родным. А ведь такая практика грубо противоречит канонам, принятым в Европе. Серьёзную озабоченность России вызвала и активность немногочисленных экстремистских антирусских слоёв украинского населения.

Имея в виду историческую память российского народа, который не раз подвергался агрессии с Запада, Президент России неоднократно указывал европейским, в том числе и немецким, лидерам на озабоченность относительно безопасности нашей страны в условиях, когда НАТО приблизилась к нашим границам и даже планировала распространиться на территорию Украины. Вспомним мюнхенскую речь В.В. Путина в 2007 г. и его обращение к западным лидерам в конце 2021 г. о беспокойстве за безопасность России. Однако в Европе вновь создаётся потенциал, который может реализовать угрозу России, и именно это стало причиной Специальной военной операции на Украине. Ответственность за СВО несут не только Россия, но и Украина, и Европа, и США.

Помимо озабоченности за безопасность, русский народ возмущён запретом на Украине школьного образования на русском языке даже в регионах, где большинство населения считают себя русскими или своим родным языком считают русский язык. Вызывает тревогу и аномальная активность экстремистских антирусских слоёв украинского населения.

В этих условиях вместо того, чтобы выступить посредниками, сделать всё возможное для переговоров между враждующими сторонами в войне на Украине, остановить военные действия и каждодневную гибель тысяч людей, договориться о мире и взаимной безопасности (как это должны были бы сделать цивилизованные и миролюбивые государственные лидеры), руководители немецкого народа вместе с другими лидерами Европы разжигают войну. Олаф Шольц, социал-демократ, будучи канцлером Германии, выделял оружие для борьбы с нами. Новый канцлер Фридрих Мерц, христианский демократ, собирается предоставить Украине ракеты, чтобы бомбить наш народ. Бывшая министр иностранных дел ФРГ Анналена Бербок, лидер партии зелёных, агитирует против России. Все они, в отли-

чие от Гитлера и его ближайшего окружения, имеют университетские дипломы. Такое их поведение доказывает, что обеспокоенность руководства России за свою безопасность имеет под собой основу³.

Прекратить войну пытается с 2025 г. только Дональд Трамп, президент той страны, вместе с которой СССР разгромил немецкий фашизм, а не лидеры европейских стран, большинство из которых помогли нацистской Германии в войне против нас.

И ещё два очевидных соображения.

Первое. Каждая страна в своей политике, в том числе внутренней, должна соизмерять свои действия с интересами соседей, тем более если на её территории живут этнические группы из соседних стран. Например, венгры на Украине, русские на Украине и в Прибалтике. Если ты хочешь жить в мире, не ущемляй права этнических меньшинств, в частности право получать образование на родном языке.

Второе. Каждая страна должна налаживать добрые отношения с соседями, понимая, что, если ты размещаешь у себя оружие, которое сосед может рассматривать как направленное против себя, ты рискуешь, что сосед может ответить. И не следует думать, что мир должен пойти на риск мировой войны, чтобы защитить тебя.

ОБ ОБРАЗОВАНИИ

Самое поразительное, что настроения против народа России, в отношении которого 80 лет назад немцы совершали зверства, снова поддерживают большинство немцев – внуки тех, кто пытался нас уничтожить. Как это оценить? Признать, что немцы порочны по самой своей природе? Что даже религия не в силах ограничить их агрессивность?

Думаю, что дело в другом. Дело в том, что при достижении высокого уровня жизни, характерного для Европы и Северной Америки, падает уважение к знаниям и науке, снижаются стимулы к хорошему образованию, в том числе гуманитарному. У многих возникает иллюзия, что можно неплохо жить, не тратя больших усилий на учёбу. А с появлением современных электронных устройств люди всё меньше читают, отучаются абстрактно мыслить, не способны понимать тексты без зрительных образов в виде клипов. Как известно, учиться тяжело. У молодого поколения возникают сомнения в нужности науки. Зачем постигать математику (алгебру с бинмом Ньютона, геометрию с теоремами о перпендикулярах и тригонометрию с синусами и арктангенсами), зачем писать сочинения по литературе, зачем учить наизусть прозу и стихи? Зачем знать исторические даты и названия столиц разных стран? Зачем

³ Следует признать, что антироссийские настроения отчасти связаны с непривлекательными особенностями России, в частности, с аномальным богатством управляющего класса на фоне бедности народа.

учить языки, особенно языки небольших народов, которые всё равно знают язык большого народа? Зачем всё это, если человек станет менеджером, таксистом, продавцом автомобилей или будет работать в гостинице? Даже современным президентам, министрам и губернаторам кажется, что знания не нужны в их государственной деятельности.

Учиться трудно, это требует нервных усилий, в то время как для большинства профессий серьёзное естественно-научное и гуманитарное образование вроде бы и не требуется. А чтобы поддержать прогресс в технологиях и организации экономики якобы достаточно иметь небольшое число элитных школ и университетов. Начинают говорить о ранней специализации детей и сокращении некоторых предметов. В результате образование для подавляющей части народа становится легковесным, и основная масса не имеет глубоких знаний и убеждений. Их мозг не приучен и не тренирован для глубоких размышлений. Народ становится неумным, легко внушаемым, равнодушным к культуре. Он поддаётся примитивной пропаганде. Характерна публикация Bloomberg со ссылкой на исследование экономиста Мартина Бек Холте. В ней констатируется, что жители Норвегии стали чаще болеть, хуже учиться и теряют мотивацию к развитию из-за слишком высокого благополучия на фоне высоких доходов от нефти, за счёт которых формируется суверенный фонд благосостояния. Показатели учащихся особенно ухудшаются в точных и естественных науках, хотя Норвегия тратит на образование больше, чем другие страны ОЭСР (около 20 тас. долл. на ученика в год).

Научное и культурное меньшинство отрывается от такого народа, теряет влияние, а с утратой влияния иссякает активность и способность к развитию. Качество народа снижается, народ глупеет. Чего только стоят буйства после победы или поражения своей футбольной команды! Как, если не оглуплением миллионов жителей великой Америки, можно объяснить истерию в связи с движением Black Lives Matter, когда даже политические лидеры добивались популярности, целуя ноги своим афроамериканским согражданам? А как, если не деградацией, можно объяснить не только терпимость к смене пола, более того, её оправдание? А ведь доля таких отклонений растёт.

Европа и Северная Америка теряют прогрессивный потенциал, возникает аномальная поляризация настроений, верхи утратили позитивный аристократизм, погрязнув в скандалах. Оглупление — угроза всем народам, достигшим приемлемого уровня жизни. Демократия для недостаточно образованного населения становится разрушительной.

К сожалению, у нас тоже нарастает неблагополучие. Ликвидирована сложившаяся в советское время общенародная система школьного образования. Упал физико-математический уровень нации, выпускники школ в своём большинстве обладают

слабыми знаниями по биологии, географии, экономике, истории и литературе. Вырождается эффективная аспирантура, которая призвана готовить молодых учёных и преподавателей университетов. Ректор Санкт-Петербургского горного университета В.С. Литвиненко на заседании Совета по науке, возглавляемом В.В. Путиным, сказал, что даже в вузах не будет хватать преподавателей, способных работать на современных установках. Катастрофически не хватает инженеров, врачей и других квалифицированных специалистов.

Более того, в нашем научном сообществе потеряна эффективная система выработки истины по важнейшим проблемам общественной жизни. Вместо науки из-за её невостребованности, раздробленности и апатии общество ориентируется исключительно на мнения части депутатов и пропагандистов, министров и главы государства. А профессора, вместо того, чтобы вырабатывать идеи, начинают ориентироваться на мантры руководящих чиновников.

Эффективность выработки общественного мнения падает в том числе вследствие насаждаемого чиновничьего единомыслия, избыточного контроля средств массовой информации, наказаний за причастность к публичным демонстрациям и за художественные произведения, которые показались экстремистскими какой-то властной структуре. История свидетельствует, что такие ограничения свободы выражения мысли усиливают неустойчивость страны. Соответствующая уровень образования населения система открытых и законных выборов в органы власти разных уровней, с активными дискуссиями, участием в них граждан является необходимым (пусть и недостаточным) условием интеллектуального роста страны, её производительных сил и социального благополучия.

Но победные реляции руководителей страны никак не согласуются с настроениями людей. Уже 30 лет у нас самое бедное в Европе население, очень слабый экономический рост, самая высокая смертность. Доходы населения в самых бедных регионах России уже ниже, чем в беднейших регионах Китая. Значительная часть народа утрачивает ориентиры и волю, которые необходимы, чтобы сделать жизнь лучше. Зарождаются и нарастают экстремистские настроения. Усиливаются настроения против так называемых мигрантов из бывших советских республик. Конечно, среди них много безгрешных, но ведь нынешние мигранты — это внуки тех, кто вместе с русским и другими народами России защищали нашу страну, погибли за неё во время Великой Отечественной войны, хотя Гитлер не покушался на их территории, на Таджикистан, Киргизию и другие среднеазиатские республики.

На фоне разлада европейской и российской цивилизаций вперёд вырываются относительно бедные страны, в частности страны Восточной Азии: Китай,

Индия, Малайзия, Индонезия, Ю. Корея, Вьетнам, Тайвань, Шри Ланка. Там молодые люди понимают, что, только став образованными, они смогут вырваться из нищеты. Поэтому престиж образования в этих странах очень высок, и это одно из их преимуществ.

Надо на государственном уровне понимать, что образование и просвещение нужны не только, чтобы овладеть какой-либо профессией. Образование даёт народу интеллектуальную силу, тренированные мозги и способность мыслить, не быть марионеткой в чужих руках и быть просвещёнными и благородными людьми. Поэтому нужно заставлять молодёжь учиться, объясняя, что это её долг перед своим народом, чтобы невежество не стало подавляющей силой. Объём знаний, которыми дети овладевают в школах, и их глубина должны быть заметно большими, чем сейчас. А значит, учёба в школе предполагает значительные усилия, она должна быть тяжёлым трудом. Школами должны руководить самые квалифицированные учителя, вузами — самые квалифицированные профессора и учёные, а не менеджеры-администраторы. Все, подчёркиваю, все, даже будущие юристы, менеджеры, чиновники, композиторы, художники и артисты вместе с будущими президентами, министрами, инженерами и агрономами, должны учить математику, физику, химию и биологию, овладевать несколькими языками, писать сочинения по литературе, истории и географии. А в школе нельзя под флагом специализации сокращать “ненужные” предметы. В целях специализации в старших классах можно лишь усиливать преподавание “нужных” предметов.

ЭТНИЧНОСТЬ В КУЛЬТУРЕ

Говоря о проблемах образования, следует обсудить и значение этничности в культуре. Очевидно, что нужно беречь этносы, их культуру, в частности их языки, и для этого многое делается. Однако нынешнее научное знание недооценивает важность сохранения всех этносов. Неслучайно этнография следует теореме “Этнос не вечен — вечен этнический процесс”.

В наше время бурного смешения народов это особенно касается малых этносов. Многие разделяют точку зрения, согласно которой беспокоиться по этому поводу не стоит: ведь всё равно относительно малые этносы исчезнут с течением времени. Но ведь и каждый человек смертен, тем не менее мы стараемся отдалить его уход. Это необходимая часть гуманизма. Более того, мы гордимся достижениями и победами своих предков, но гордость от того, что ты русский, татарин, башкир, еврей и т.д. не должна быть избыточно акцентированной. Национальное чувство должно смещаться к чувству долга перед своим народом, стремлением сохранить и развить его культуру.

Говоря о сохранении этничности, следует осознать, что изоляция этносов “по крови”, чтобы поддержать “чистоту” этноса, в наше время смешения этносов невозможна. Усилия должны быть сосредоточены на сохранении языков и культур. А для этого нужно внедрять программы (в том числе федеральные), которые стимулировали бы изучение языков народов России. В национальных республиках в школах должны изучать языки так называемых коренных этносов, стимулировать развитие школ с углублённым изучением как русского, так и языка коренного народа. Чтобы выпускники таких школ не проигрывали в ЕГЭ по русскому языку, следует предусмотреть для них комбинированный экзамен, например, русско-башкирский, русско-татарский, русско-чеченский и т.д.

Опыт показывает, что у людей, изучавших в школе два языка как родные, годам к тридцати даже русский язык богаче, чем у одноязычных русских. Я могу судить об этом на примере моего отца и нескольких моих друзей из Башкортостана и Татарстана, которые учились в башкирских и татарских школах, а потом стали профессорами, в том числе в Москве. У них сильнее творческий и душевный потенциал.

Мой учитель, академик Халил Ахмедович Рахматулин (1909–1988), учился в киргизском Токмаке и в Узбекистане. За свой математический талант (при не очень хорошем русском языке) в 1927 г. его приняли в Московский университет, где он стал профессором, основателем волновой динамики в упругопластических и многофазных средах, основателем новой кафедры, Героем Социалистического Труда. На банкете в Кремле в честь запуска первого спутника, когда был провозглашён тост за советскую науку, С.П. Королёв в присутствии Н.С. Хрущёва и других руководителей страны встал и громко сказал, что из учёных он в первую очередь должен отметить Рахматулина и Келдыша. Именно в таком порядке. Русский язык Х.А. Рахматулина, ставший ему родным вместе с узбекским, киргизским, казахским и татарско-башкирским, стал очень образным и богатым. Он говорил, что у каждого должно быть два языка. Первый — для работы, а второй, чтобы писать стихи. Для великих деятелей русской культуры А.С. Пушкина, И.С. Тургенева, Л.Н. Толстого и многих других вторым, почти родным, был французский.

Мой друг академик Р.Ф. Ганиев в 1954 г. окончил семилетку в татарской школе в Башкортостане, а в восьмой класс пошёл в русскую школу. Первый год он плохо понимал русскую речь, уроки учил наизусть. А в десятом классе его сочинения по литературе учителя ставили в пример как образцовые.

Второй родной язык и другие языки, способность думать на двух и более языках дают дополнительные возможности для развития творческого потенциала. Многоязычие — это богатство страны, оно

обеспечивает позитивное многообразие, но и требует значительных усилий и понимания, что оно необходимо твоему народу, несмотря на нежелание перетрудиться.

Если говорить о человечестве в целом, то оно обеднеет, если сохранит только десяток языков самых многочисленных народов, потому что оно станет не только однообразным, но и равнодушным, а у равнодушного и однообразного народа исчезает гуманизм и благородство. Он становится неинтересным сам себе и перестаёт рожать детей. У него не появятся великие поэты и деятели культуры. Народ сосредоточится на комфорте, его будут увлекать только футбольные матчи, где он будет выплёскивать свои примитивные эмоции. Он будет равнодушно принимать города с однообразными и уродливыми многоэтажными человеичниками. Он

будет глупеть и деградировать. А большие однообразные государства переделутся.

Крупные этносы должны найти в себе силы и страсть, чтобы беречь и поддерживать разнообразие языков и культур, в том числе малых этносов, растворяющихся в больших народах. Да, при этом условия мир будет сложнее и многообразнее, но умнее, энергичнее, надёжнее, гуманнее, благороднее, да и просто интереснее.

Я хочу закончить свои размышления строками из стихотворения “Остановка в пустыне” Иосифа Бродского:

*К чему близки мы? Что там, впереди?
Не ждёт ли нас теперь другая эра?
И если так, то в чём наш общий долг?
И что должны мы принести ей в жертву?*

REFLECTIONS ON SCIENCE, RELIGION, ETHNICITY AND EDUCATION

R.I. Nigmatulin^{a,*}

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

**E-mail: nigmar@ocean.ru*

The essay by a famous Russian scientist and organizer of science is filled with anxiety for the fate of Russia. He outlines the sore points in the development of the country, moreover, in the progressive development of civilization. What are the limits of scientific knowledge and religious comprehension of the world, what is ethnicity, what should be the education of youth in the modern world – these questions worry the author, as well as many of us.

Keywords: science and faith, religion, atheism, agnosticism, mystery of the nature and the universe, ethnicity, people, education, diversity, culture.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ РАСКРЫТИИ И РАССЛЕДОВАНИИ ПРЕСТУПЛЕНИЙ ПРОТИВ ЛИЧНОСТИ

© 2025 г. Г.Г. Омелянюк^{a,b,*}, И.В. Стороженко^{a,**}

^aРоссийский федеральный центр судебной экспертизы имени профессора А.Р. Шляхова при Министерстве юстиции Российской Федерации, Москва, Россия

^bМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*E-mail: g.omelyanyuk@sudexpert.ru

**E-mail: irinastor@rambler.ru

Поступила в редакцию 30.05.2025 г.

После доработки 17.06.2025 г.

Принята к публикации 23.06.2025 г.

Статья посвящена наиболее востребованному направлению судебных экспертиз с учётом потребностей практики борьбы с преступлениями против личности, а также рассмотрения гражданских дел, которые требуют использования молекулярно-генетических методов при исследовании объектов биологического происхождения. Показаны преимущества и возможности применения различных методов ДНК-анализа при производстве судебных экспертиз. Обсуждаются перспективы развития молекулярно-генетической экспертизы объектов биологического происхождения в ФБУ РФЦСЭ имени профессора А.Р. Шляхова при Минюсте России.

Ключевые слова: судебная молекулярно-генетическая экспертиза, идентификация личности, объекты биологического происхождения, дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК).

DOI: 10.7868/S3034520025090072



ОМЕЛЯНЮК Георгий Георгиевич – доктор юридических наук, кандидат биологических наук, профессор, учёный секретарь ФБУ РФЦСЭ имени профессора А.Р. Шляхова при Минюсте России; профессор МГУ им. М.В. Ломоносова. СТОРОЖЕНКО Ирина Владиленовна – кандидат биологических наук, ведущий государственный судебный эксперт отдела молекулярно-генетической экспертизы ФБУ РФЦСЭ имени профессора А.Р. Шляхова при Минюсте России.

В современном мире всё чаще происходят крупномасштабные техногенные катастрофы, аварии, природные катаклизмы, террористические акты. Увеличивается количество неидентифицированных жертв таких событий, и за последние десятилетия эта проблема приобрела особую остроту. В условиях глобализации, которая характеризуется открытостью межгосударственных границ, ослаблением контроля за миграцией населения при повсеместном росте противозаконной деятельности, в том числе террористических и религиозных организаций, роль института судебной экспертизы в доказывании по уголовным, административным и гражданским делам значительно возрастает [1].

Появились новые виды и роды судебных экспертиз, существенно расширились их возможности. Уголовное, гражданское, арбитражное и административное судопроизводство теперь невозможно без применения современных достижений естественных, технических, экономических и других наук, новых технологий. Работа с вещественными доказа-

тельствами, особенно их обнаружение, закрепление, изъятие и извлечение необходимой информации, требует использования знаний в самых разных областях науки, техники, искусства, ремесла, которыми не располагают в необходимом объёме субъекты судопроизводства. Приложение специальных знаний при доказательстве вины, безусловно, имеет общую природу для всех видов правонарушений, вне зависимости от особенностей соответствующей процессуальной деятельности. В то же время необходимо отметить, что ранее в отечественной литературе рассматривались в основном вопросы использования специальных знаний в уголовном судопроизводстве. Однако в связи с развитием гражданского, арбитражного, административного процессов, производства по делам об административных правонарушениях существенно возрастает роль специальных знаний и в этих сферах юрисдикционной деятельности.

Применение специальных знаний в рамках уголовного судопроизводства в настоящее время имеет неоспоримое значение, так как, с одной стороны, оно обусловлено интенсивным развитием науки и техники, что приводит к появлению новых высокотехнологичных способов совершения преступлений, а с другой – интеграцией в процессе расследования передовых технологий и методик сотрудниками правоохранительных органов, обладающими специальными знаниями и выступающими в процессуальном статусе “эксперт” или “специалист”. Посредством внедрения современных научно-технических средств в уголовное судопроизводство обеспечивается решение ряда важнейших задач: повышение качества расследования, обеспечение эффективности деятельности субъекта расследования, объективизация доказывания, оптимизация сроков расследования, эффективность судебного следствия и др.

Актуальная задача деятельности правоохранительных органов – изучение уже существующих и поиск новых оснований, форм, условий и пределов использования специальных знаний. Особое значение эта проблема имеет в сфере расследования преступлений и рассмотрения дел в суде. Современная криминалистика и судебная экспертиология развиваются в условиях информатизации и цифровизации. Оборудование, средства, приёмы и методы раскрытия, расследования и предупреждения преступлений постепенно трансформируются и адаптируются под запросы правосудия. Однако возникает вопрос, насколько они соответствуют цифровому веку. В условиях быстрого распространения и высокой технической оснащённости криминала особенно важно эффективно применять новейшие достижения физики, химии, биологии, информатики и других наук к вопросам права, разрабатывать правовые механизмы их использования в качестве доказательств¹.

¹ <https://roscongress.org/sessions/splf-2023-kriminalistika-dlya-pravosudiya-budushchego/about/> (дата обращения 06.05.2025).

В настоящее время во всём мире увеличиваются объёмы производства наиболее востребованных видов экспертиз с учётом потребностей практики борьбы с преступлениями против личности, а также гражданских дел, которые требуют использования молекулярно-генетических методов при исследовании объектов биологического происхождения, в частности, тканей и выделений человека.

Согласно данным Главного информационно-аналитического центра МВД России, в 2024 г. количество зарегистрированных в Российской Федерации преступлений уменьшилось на 1.8%, а направленных против личности – на 7.7%, в том числе убийств и покушений на убийство – на 9.8%, фактов умышленного причинения тяжкого вреда здоровью – на 8.1%². Расследование практически каждого из указанных видов преступлений требует производства судебной молекулярно-генетической экспертизы, так как на месте преступления выявляются биологические следы человека.

Молекулярно-генетическая экспертиза признана универсальным, эффективным и достоверным способом идентификации человека [2]. Основанная на исследовании ДНК, она является одним из самых современных и эффективных инструментов при расследовании уголовных дел, возбуждённых по факту преступлений против жизни, здоровья и половой неприкосновенности граждан, при установлении личности неопознанных трупов. Высока роль данной экспертизы и при расследовании преступлений террористической направленности, а также краж, грабежей, угонов транспортных средств, мошенничества. Судебная молекулярно-генетическая экспертиза широко применяется и в гражданском судопроизводстве, в том числе для установления родственных связей по делам о спорном происхождении детей (оспаривание отцовства/материнства или подмена детей).

Исследование ДНК в рамках судебной молекулярно-генетической экспертизы проводится в короткие сроки, с высокой точностью и в большинстве случаев позволяет идентифицировать конкретного человека, сформулировав вывод в категорической форме, что, несомненно, важно для следственных органов и суда. Зачастую в вышеуказанных делах заключение эксперта по результатам молекулярно-генетической экспертизы составляет основу доказательственной базы.

Молекулярно-генетическая экспертиза – один из наиболее наукоёмких и перспективных видов исследований³. В ДНК-идентификации используются методы самых разных наук – молекулярной и популяционной генетики, биохимии, математики, информатики, криминалистики и др., необходимых

² Краткая характеристика состояния преступности в Российской Федерации за январь–декабрь 2024 года (дата обращения 06.05.2025).

³ <https://www.popmech.ru/science/208931-pechat-gena> (дата обращения 06.05.2022).

для решения судебно-экспертных задач [3]. В современной научной литературе сформулированы свойства ДНК, которые позволяют использовать её для решения идентификационных и классификационных задач судебной экспертизы, в том числе с целью установления индивидуально-конкретного тождества человека:

- индивидуальность, то есть уникальность ДНК; каждый живой организм, в том числе человек, генетически индивидуален;

- стабильность и устойчивость к воздействию внешних факторов, то есть ДНК не изменяется в течение длительного времени. Это свойство ДНК имеет особую ценность для судебных экспертов, поскольку оно позволяет провести идентификацию человека даже через значительный период времени после совершения противоправного действия, когда следы биологического происхождения не могут быть исследованы и распознаны никакими другими методами. Кроме того, генетическая информация, в отличие от состава белков или жиров, не изменяется во время жизни организма, а также не зависит от типа клеток, из которых была выделена ДНК;

- чувствительность, то есть возможность получить результаты из минимального количества биологического материала. Чувствительность метода ДНК-анализа такова, что теоретически минимальной величиной объекта, пригодного для исследования, может быть одна клетка.

Молекулярно-генетическому исследованию может быть подвергнут практически весь спектр объектов биологического происхождения. Сегодня есть возможность исследовать микрообъекты биологического происхождения и объекты с разрушенной ДНК, такие, как обгоревшие костные фрагменты, единичные волосы, следы потожировых выделений, перхоть, микроколичества спермы, слюны и крови [4].

С каждым годом метод совершенствуется, появляются новые возможности, и он становится всё более востребованным в процессе раскрытия и расследования преступлений против личности [5]. Так, появление и развитие методов современного высокопроизводительного секвенирования ДНК (NGS) способствовало значительному прогрессу в геномике и молекулярной биологии. Эти обладающие высокой пропускной способностью технологии (миллионы молекул ДНК за один запуск) и низкой себестоимостью в пересчёте на один прочитанный нуклеотид быстро развивались в последние годы и стали важным аналитическим инструментом в геномных исследованиях⁴. К настоящему времени их применение стало рутинной процедурой, которая внедряется во многих сферах деятельности, в том числе и в криминалистике. Именно эти методы ге-

нетического анализа существенно продвинули современную палеогенетику, позволив восстановить геномы неандертальца, денисовского человека и шерстистого мамонта, обитавших на нашей планете десятки тысяч лет назад. Эти подходы наиболее эффективны в работе со сложными криминалистическими объектами и позволяют воссоздать генотип и подтвердить наличие на вещественных доказательствах биологического материала преступника или жертвы. Нанопоровое секвенирование появилось на биотехнологическом рынке сравнительно недавно и тем не менее уже имеет свои перспективы, в том числе из-за простоты и потрясающей скорости пробоподготовки и секвенирования⁵. При нанопоровом секвенировании происходит чтение нуклеотидного состава непосредственно анализируемой молекулы, что приводит к упрощению процесса, уменьшению временных затрат и снижению стоимости анализа.

Развитие инструментов и методов масштабного исследования генома, в первую очередь технологий массового параллельного секвенирования (MPS), на порядок увеличивает доступность генетических данных, которые можно использовать в качестве доказательств в раскрытии и расследовании преступлений [6, 7]. С их помощью можно анализировать одновременно очень большое число молекулярно-генетических маркеров: STR, митохондриальную ДНК и однонуклеотидные полиморфизмы (SNP), что, в частности, позволяет эффективно работать с деградированной ДНК, а также определять возраст, фенотипические признаки и биогеографическое происхождение человека; идентифицировать человека с использованием различных видов его биологических тканей [8]. Среди мировых приоритетных направлений в области ДНК-идентификации в настоящее время на первый план выступают также разработки тест-систем по определению происхождения индивида по образцу его ДНК. Анализ гаплогрупп Y-хромосомы, определяемых на основании генотипирования SNP и STR-маркеров, является одним из наиболее результативных методов изучения генетического разнообразия различных популяций человека [9].

Помимо традиционных методов ДНК-анализа, в последние годы получили развитие такие судебно-экспертные направления, как фенотипирование ДНК (FDP)⁶ и экспресс-анализ STR-маркеров (Rapid

⁵ <https://biomolecula.ru/articles/nanoporovoe-sekvenirovani-na-poroge-tretei-genomnoi-revoliutsii> (дата обращения 06.05.2025).

⁶ ДНК-фенотипирование – метод использования генетических данных человека для получения поисковой информации об индивидуальных особенностях его внешнего облика. Определение внешности по ДНК включает такие признаки, как цвет глаз и кожи, оттенок и структура волос, степень облысения, возраст. Также ДНК-фенотипирование позволяет определять биогеографическое происхождение субъекта и оценивать возраст с использованием эпигенетических маркеров.

⁴ <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/next-generation-sequencing> (дата обращения 06.05.2025).

DNA) [10]. Судебно-экспертное ДНК-фенотипирование не может быть таким же рутинным исследованием, как традиционный ДНК-анализ, в то же время в ряде случаев оно позволяет получить необходимую дополнительную идентификационную информацию. Однако существует ряд этических и социальных соображений, которые препятствуют широкому применению данного метода.

Главный сдерживающий фактор активного использования ДНК-фенотипирования — его неприятие частью общества как практики, якобы нарушающей права граждан и этические нормы [11]. Тем не менее ДНК-интеллект вызывает всё больший интерес и находит всё большее применение в судебной генетике. Возможность предоставлять следствию информацию на основе внешнего вида человека, его биогеографической родословной (BGA) и оценки возраста, особенно в тех случаях, когда стандартные методы профилирования ДНК неинформативны, делает эти новые маркеры и инструменты ценным вкладом в будущую рутинную работу по расследованию преступлений.

Что касается экспресс-анализа STR-маркеров, то системы экспресс-анализа позволяют получить профиль ДНК менее чем за два часа. Полная автоматизация исследования ДНК включает: выделение ДНК, её амплификацию (увеличение числа копий ДНК), анализ амплифицированных фрагментов и получение генотипа исследуемого объекта. Данный процесс проходит в одном приборе. Используя данный метод, можно исследовать не только образцы биологического материала от живых лиц, но и следы биологического происхождения с места преступления [12]. Метод имеет ограничения, однако всё более широко применяется следственными органами для раскрытия преступлений по горячим следам. Он используется для получения оперативной информации по профилю ДНК в реальном времени и быстрой проверки подозреваемых по базе данных ДНК, что позволяет раскрывать преступления за несколько часов. Полногеномное секвенирование (Whole Genome Sequencing, WGS), или полное секвенирование генома, — определение всей или почти полной последовательности ДНК генома организма за один раз. Это ещё один способ получения генетической информации, благодаря которому можно проанализировать практически все гены, межгенные участки, митохондриальную ДНК [13].

Молекулярно-генетическая экспертиза интересна ещё одним свойством — возможностью сохранять и использовать информацию о признаках ДНК в электронном виде, что составляет основу для формирования баз данных ДНК. Без этого инструмента эксперт может сделать вывод о происхождении представленного на исследование объекта от конкретного лица лишь в том случае, если это лицо проходит по данному уголовному делу в качестве подозреваемого или входит в число проверяемых

лиц. Наличие же базы данных ДНК позволяет производить поиск источника происхождения биологического объекта, интересующего следствие, даже если подозреваемые отсутствуют [14].

Базы данных геномной информации сформированы во многих странах мира и на практике доказали свою высокую эффективность в раскрытии и расследовании преступлений⁷. Отождествление лица с помощью результатов идентификационного исследования следов биологического происхождения ведущие международные эксперты признают в качестве одного из перспективных направлений в судебной экспертизе [15]. В настоящее время экспертам доступна широкая линейка различных коммерческих наборов для исследования STR-локусов. Результаты определения генетических признаков STR-локусов одного образца, вне зависимости от используемых реагентов, должны совпадать. Это обеспечивает возможность сопоставления результатов исследований, полученных в разное время, в разных лабораториях, в разных странах. Возможность получать совместимые результаты исследования STR-локусов служит основой баз данных геномной информации, которые позволяют расследовать и раскрывать преступления без непосредственного исследования сравнительного образца [16].

Геномная регистрация существенно повышает результативность расследования преступлений. Так, по информации официального сайта МВД России, в Великобритании процент раскрытия преступлений без использования метода ДНК-анализа составлял 13%, с использованием ДНК-анализа — 31%, а с использованием ДНК-анализа и базы данных ДНК — 60%⁸.

В Российской Федерации закон, регламентирующий функционирование национальной базы данных ДНК, был принят в 2008 г. Таким образом, уже более 15 лет в нашей стране функционирует федеральная база данных геномной информации (ФБДГИ), созданная в соответствии с федеральным законом от 3 декабря 2008 г. № 242-ФЗ “О государственной геномной регистрации в Российской Федерации”. Идентификация личности методом ДНК-анализа и создание национальной российской базы данных ДНК — одно из перспективных направлений использования научно-технических достижений в правоохранительной деятельности [17].

В нашей стране исследования ДНК в целях идентификации личности начали проводить в 1987 г. в Институте молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта АН СССР, в лаборатории академика Г.П. Георгиева. Группой учёных под руководством

⁷ <https://old.mvdmedia.ru/interview/po-biologicheskimsledam/> (дата обращения 06.05.2025).

⁸ <https://pcr.news/stati/svetlana-borinskaya-ukazaniya-ot-dnk-analiza-dayut-kriminalistam-ogromnuyu-ekonomiyu/> (дата обращения 06.05.2025).

доктора биологических наук А.П. Рыскова был получен целый ряд приоритетных результатов и разработан первый отечественный метод мультилокусного типирования ДНК [18]. В декабре 1988 г. на базе Института молекулярной биологии и Бюро Главной судебно-медицинской экспертизы Минздрава России П.Л. Иванов провёл первую в нашей стране молекулярно-генетическую экспертизу, позволившую установить личность особо опасного убийцы-маньяка [19]. В 1989 г. в Бюро Главной судебно-медицинской экспертизы Минздрава РСФСР была организована первая в СССР лаборатория геномной идентификации (сегодня это отдел молекулярно-генетических экспертиз (исследований) “Российский центр судебно-медицинской экспертизы” Минздрава России⁹). Основной задачей данной лаборатории было изучение возможностей внедрения молекулярно-генетических методов в судебно-медицинскую экспертизу.

Кроме того, в 1988 г. Государственным комитетом СССР по науке и технике было принято решение об организации лаборатории генотипоскопии на базе Всесоюзного научно-криминалистического центра МВД СССР (сейчас – Экспертно-криминалистический центр МВД России), а первая генотипоскопическая экспертиза этим учреждением была проведена в 1990 г. [20].

В настоящее время в различных федеральных органах государственной власти действуют лаборатории ДНК-анализа, оснащённые современным оборудованием. Молекулярно-генетические экспертные исследования проводятся в экспертно-криминалистических подразделениях системы МВД России, СК России, Минздрава России, Минобороны России, ФСБ России. Также функционирует большое количество негосударственных судебно-экспертных учреждений и неэкспертных организаций, проводящих судебные молекулярно-генетические экспертизы. Специализация таких центров – проведение различных лабораторных исследований, в том числе установление родственных связей, диагностика генетических заболеваний.

Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы им. профессора А.Р. Шляхова при Министерстве юстиции Российской Федерации (далее – РФЦСЭ) выполняет роль головного судебно-экспертного учреждения по научно-методическому обеспечению производства судебной экспертизы и активно внедряет в судебно-экспертную деятельность инновационные подходы, в том числе, сертификацию, валидацию, верификацию судебно-экспертных методик, меж-

лабораторное профессиональное тестирование. Внедрение в практическую судебно-экспертную деятельность вышеуказанных механизмов позволило РФЦСЭ пройти аккредитацию в соответствии со стандартом ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Один из важных результатов аккредитации РФЦСЭ – возможность использовать заключения эксперта в зарубежных и международных судах¹⁰.

В целях совершенствования имеющихся в распоряжении государственных судебных экспертов методических материалов для исследования объектов биологического происхождения, а также в связи с постоянно возрастающими потребностями следственных органов и судов в производстве молекулярно-генетических исследований в судебно-экспертных учреждениях системы Минюста России идёт работа по организации производства судебной молекулярно-генетической экспертизы объектов биологического происхождения, в том числе тканей и выделений человека. Очевидно, что создание отдела молекулярно-генетической экспертизы в РФЦСЭ, работники которой будут проводить молекулярно-генетические исследования объектов биологического происхождения, – актуальная задача, учитывая высокую востребованность такого рода экспертных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Россинская Е.Р.* Судебная экспертиза в гражданском, арбитражном, административном и уголовном процессе. Монография. М.: Норма, ИНФРА-М, 2023.
Rossinskaya E.R. Forensic examination in civil, arbitration, administrative and criminal proceedings. Monograph. Moscow: Norma, INFRA-M, 2023.
2. *Butler J.M.* Advanced Topics in Forensic DNA Typing: Methodology. Academic Press, 2011. P. 1–457.
3. *Перепечина И.О.* О разработке на юридическом факультете МГУ программы дополнительного профессионального образования “Криминалистическая ДНК-идентификация: базовый курс (для экспертов-криминалистов)” // Вестник Московского университета МВД России. 2016. № 5. С. 69–72.
Perepechina I.O. On the development at the Faculty of Law of Moscow State University of the program of additional professional education “Forensic DNA identification: a basic course (for forensic experts)” // Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2016, no. 5, pp. 69–72.

⁹ Федеральное государственное бюджетное учреждение Российский центр судебно-медицинской экспертизы Минздрава России / О центре / Структура ФГБУ “Российский центр судебно-медицинской экспертизы” Минздрава России. <http://www.rc-sme.ru/About/structure.php> (дата обращения 06.05.2025).

¹⁰ Российский федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации / Новости / Судебно-экспертное обеспечение защиты российских спортсменов перед дисциплинарной комиссией МОК и в спортивном арбитражном суде. <http://www.sudexpert.ru/news/opendial.php> (дата обращения 06.05.2025)

4. *Культин А.Ю., Стороженко И.В., Пименов М.Г. и др.* Криминалистическое исследование STR-локусов ДНК костных останков человека в целях идентификации личности: Методические рекомендации. М.: ЭКЦ МВД России, 2002.
Kultin A.Yu., Storozhenko I.V., Pimenov M.G. et al. Forensic examination of STR-loci of DNA from human bone remains for identification purposes: Methodological recommendations. Moscow: Forensic science centre of the Ministry of the Interior of Russian Federation, 2002.
5. *Saks M.J., Koehler J.J.* What DNA “Fingerprinting” Can Teach the Law About the Rest of Forensic Science // *Cardozo Law Review*. 1991, vol. 13, pp. 361–372.
6. *Xavier C., de la Puente M., Heidegger A. et al.* Development and optimization of the visage prototype tools for bio-geographic ancestry and appearance traits inference using targeted MPS. The 28th Congress of the International Society for forensic genetics. Czech Republic, Prague congress centre, 9–13 September 2019. Abstract book. P. 14.
7. *Рыжкова О.П., Кардымон О.Л., Прохорчук Е.Б. и др.* Руководство по интерпретации данных последовательности ДНК человека, полученных методами массового параллельного секвенирования (MPS) // *Медицинская генетика*. 2019. 18(2). С. 3–23.
Ryzhkova O.P., Kardymon O.L., Prokhorchuk E.B. et al. Guidelines for the interpretation of human DNA sequence data obtained by mass parallel sequencing (MPS) // *Medical Genetics*. 2019, no. 8(2), pp. 3–23.
8. *Янковский Н.К.* Фундаментальное и прикладное значение программы Союзного государства ДНК-идентификация // *Материалы конференции “Методы судебной генетики”, 9–10 сентября 2021 года*. С. 9.
Yankovsky N.K. The fundamental and applied significance of the program of the Union State DNA identification // *Proceedings of the conference “Methods of Forensic Genetics”, September 9–10, 2021*. P. 9.
9. *Харьков В.Н., Валихова Л.В., Колесников Н.А. и др.* Применение маркеров у-хромосомы для определения этно-территориального происхождения // *Материалы конференции “Методы судебной генетики”, 9–10 сентября 2021 г.* С. 10.
Kharkov V.N., Valikhova L.V., Kolesnikov N.A. et al. The use of y-chromosome markers to determine ethno-territorial origin // *Proceedings of the conference “Methods of Forensic Genetics”, September 9–10, 2021*. P. 10.
10. *Перепечина И.О.* Некоторые новые возможности ДНК (РНК)-диагностики // *Вестник экономической безопасности*. 2019. № 2. С. 214–219.
Perepechina I.O. Some new possibilities of DNA (RNA) diagnostics // *Bulletin of Economic Security*. 2019, no. 2, pp. 214–219.
11. *Чемерис А.В., Халиуллина А.Ф., Макаренко И.А. и др.* Использование ДНК-фенотипирования при расследовании преступлений: криминалистический и этический аспекты // *Всероссийский криминологический журнал*. 2024. Т. 18. № 5. С. 522–532.
Chemeris A.V., Khaliuliina A.F., Makarenko I.A. et al. The Use of DNA Phenotyping in Crime Investigation: Forensic and Ethical Aspects // *Russian journal of criminology*. 2024, vol. 18, no. 5, pp. 522–532.
12. *Hopwood A.J. et al.* Intergrated microfluidic system for rapid forensic DNA analysis: Sample collection to DNA profile // *Analytical Chemistry*. 2010, vol. 82, pp. 6991–6999.
13. *Andreas Tillmar, Peter Sjölund, Bo Lundqvist et al.* Whole genome sequencing of human remains to enable genealogy dna database searches – a case report. The 28th Congress of the International Society for forensic genetics. Czech Republic, Prague congress centre, 9–13 September 2019. Abstract book. P. 40.
14. *Schneider P.M., Martin P.D.* Criminal DNA databases: the European situation // *Forensic Sci Int*. 2001, vol. 119, is. 2, pp. 232–238.
15. *Werrett D.J.* The National DNA Database // *Forensic Science International*. 1997, vol. 88, pp. 33–42.
16. *Sohail Anjum M., Ahmad S., Siddique N. et al.* PFSA DNA database: A tool to hunt the serial offenders // *Forensic Science International*. 2021, vol. 329, p. 111061.
17. *Стороженко И.В., Культин А.Ю., Королёва Е.Ю. и др.* Методические основы получения и обработки данных ДНК для формирования федеральной базы данных геномной информации: Учебное пособие. М.: ЭКЦ МВД России, 2016.
Storozhenko I.V., Kultin A.Yu., Koroleva E.Yu. et al. Methodological foundations of obtaining and processing DNA data for the formation of the federal database of genomic information: A textbook. Moscow: Forensic science centre of the Ministry of the Interior of Russian Federation, 2016.
18. *Рысков А.П., Джинчарадзе А.Г., Иванов П.Л. и др.* Способ определения родства живых организмов. Авторское свидетельство СССР. № 1552642 от 22.11.1989.
Ryskov A.P., Jincharadze A.G., Ivanov P.L. et al. A method for determining the relationship of living organisms. Copyright certificate of the USSR. No. 1552642 dated 22.11.1989.
19. *Иванов П.Л.* Индивидуализация человека и идентификация личности: молекулярная биология в судебной экспертизе // *Вестник Российской академии наук*. 2003. Т. 73. № 12. С. 1085–1097.
Ivanov P.L. Individualization of a person and identification of a personality: molecular biology in forensic examination // *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2003, vol. 73, no. 12, pp. 1085–1097.

20. Пименов М.Г., Культин А.Ю., Кондрашов С.А. Научные и практические аспекты криминалистического ДНК-анализа: Учебное пособие. М.: ЭКЦ МВД России, 2001.
21. Pimenov M.G., Kultin A.Yu., Kondrashov S.A. Scientific and practical aspects of forensic DNA analysis: A textbook. Moscow: Forensic science centre of the Ministry of the Interior of Russian Federation, 2001.

MOLECULAR GENETIC RESEARCH IN DETECTING AND INVESTIGATING CRIMES AGAINST THE PERSON

G.G. Omelyanuk^{a,b,*}, I.V. Storozhenko^{a,**}

^a*Russian Federal Center for Forensic Science named after Professor A.R. Shlyakhov under the Ministry of Justice of the Russian Federation, Moscow, Russia*

^b*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

*E-mail: g.omelyanyuk@sudexpert.ru

**E-mail: irinastor@rambler.ru

The article is devoted to the most popular area of forensic examinations, taking into account the needs of the practice of combating crimes against the person, as well as the consideration of civil cases that require the use of molecular genetic methods in the study of objects of biological origin. The advantages and possibilities of using various DNA analysis methods in forensic examinations are shown. The prospects for the development of molecular genetic examination of objects of biological origin in the Federal Budgetary Institution RFCSE named after Professor A.R. Shlyakhov under the Ministry of Justice of the Russian Federation are discussed.

Keywords: forensic molecular genetic examination, identification of personality, objects of biological origin, deoxyribonucleic acid (DNA).

ТРИДЦАТИЛЕТИЕ УЧЁТА РИДБЕРГОВСКОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ В МИКРОВОЛНОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, КОСМОСА И В МЕДИЦИНЕ

© 2025 г. Л.А. Баранова^{a,*}, С.В. Авакян^{b,**}

^aФизико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, Россия

^bВНЦ “Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова”,
Санкт-Петербург, Россия

E-mail: l.baranova@mail.ioffe.ru

E-mail: svaNANRA@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.02.2025 г.

После доработки 26.06.2025 г.

Принята к публикации 09.07.2025 г.

Представлены результаты, полученные за 30 лет исследований, с привлечением впервые высоко-возбуждённых – ридберговских – уровней атомов и молекул, переходы между которыми лежат в микроволновом диапазоне. Описан оригинальный подход к микроволновой энергетике в космологических задачах с учётом роли реликтового излучения. Открыт ранее неизвестный канал постоянного влияния факторов космической погоды на земные процессы и состояние организма человека в рамках физики солнечно-земных связей. Предложены возможные объяснения периодически наблюдаемой временной неповторяемости ряда известных биофизических экспериментов, а также полностью оправдавшийся прогноз затухания пандемии COVID-19 по аналогии с вирусом гриппа. Экзогенные воздействия в медицинской биофизике исследованы в соответствии с принципами академика Л.А. Орбели: “Организм и среда представляют собой нечто неразрывное и находятся в единстве и взаимодействии”, что соответствует общепризнанному научному подходу к единству всех природных процессов в рамках теории подобия, развиваемой академиком Г.С. Голицыным. На этой основе предложены физические механизмы решения актуальных биомедицинских проблем и возможное использование в космонавтике фактически безграничного во Вселенной резервуара равновесного теплового (реликтового) излучения в его абсолютном максимуме – в микроволновом диапазоне.

Ключевые слова: микроволновое излучение земной ионосферы, реликтовое излучение, антропогенные потоки микроволн, ридберговские состояния, ассоциаты-супрамолекулы, индуцированное микроволновое излучение, астрофизика и межзвёздные перелёты.

DOI: 10.7868/S3034520025090089



БАРАНОВА Любовь Александровна – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории процессов атомных столкновений ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН. АВАКЯН Сергей Вазгенович – доктор физико-математических наук, иностранный член НАН Республики Армения, главный конструктор ВНЦ ГОИ им. С.И. Вавилова в международном проекте “Космический солнечный патруль”.

История Земли свидетельствует, что человечество, как почти всё живое, находится под угрозой потенциальных катаклизмов, имея в виду астероидно-кометную опасность, последствия взрывов сверхновых (магнетары), эксцессы солнечно-земной физики, тектонические явления, погодно-климатические аномалии. В наше время на всё это накладывается постоянно возрастающая вероятность триггерных явлений, обусловленных антропогенным воздействием на окружающую среду.

Наша концепция широкого учёта ридберговского возбуждения впервые представлена в работе [1], где “предложено рассматривать электромагнитное излучение высоковозбуждённых ридберговских состояний атомно-молекулярных нейтральных и ионизированных частиц основных атмосферных газов в физике солнечно-земных связей”. Речь идёт об электронно-возбуждённых состояниях с большим главным квантовым числом ($n > 10$), их излучение происходит в очень широком диапазоне спектра, включая окна прозрачности земной атмосферы от ИК-областей до метровых радиоволн. Скорость возбуждения таких ридберговских состояний в верхней атмосфере электронным ударом фотоэлектронов и вторичных электронов в несколько раз превышает скорости оптического и УФ-возбуждения всех основных атмосферных газов. Наибольшие относительные скорости образования ридберговских состояний (на порядок выше скоростей ионизации) наблюдаются ночью, и они прямо пропорциональны вариациям потока рассеянного в геокороне солнечного излучения в линиях ВУФ. Вероятность возбуждения увеличивается вдвое с высотой от 360 до 180 км, а от условий спокойного Солнца до солнечной УФ-вспышки, особенно после изолированной геомагнитной бури, скорости образования и излучения ридберговских состояний возрастают в несколько раз.

Именно при такой космической погоде с орбитальной станции “Салют-6” наблюдалось повышенное планетарное возбуждение F-области ночной ионосферы в периоды солнечных вспышек. Важно подчеркнуть, что при увеличении интенсивности оптического свечения и ионизации верхней ионосферы космонавты фиксировали повышенную нервную возбудимость и конфликтность во взаимоотношениях. Анализ наличия геомагнитных пульсаций в те же интервалы наблюдений на геофизической обсерватории “Борок” показал их отсутствие для типа P1C, а также для Pс2, Pс4 и в большинстве случаев для Pс3. Накануне всегда наблюдалась смена знака сектора межпланетного магнитного поля, то есть присутствовали все аспекты космической погоды, которые имеют своим следствием нарушения центральной нервной системы человека. Поскольку основным источником возбуждения ридберговских состояний газов в верхней атмосфере являются фотоэлектроны и вторичные электроны,

а также процессы рекомбинации с участием ионов в ионосфере, плотность газов существенно возрастает во время солнечных вспышек и корпускулярных выбросов вслед за увеличением потоков ионизирующего излучения. Характерное излучение ридберговских состояний охватывает практически весь диапазон электромагнитного спектра излучений верхней атмосферы, а их столкновительное тушение существенно нагревает газ в верхней атмосфере. Эти процессы могут проявляться в радиоизлучении околоземного космического пространства [1, с. 3–5].

Эта наша первая работа [1] нашла подтверждение в последующем экспериментальном исследовании [2, 3], когда в 2002 г. были впервые зарегистрированы переходы электронов между высокими ридберговскими уровнями молекул нейтральных компонентов ионосферы. Доказано, что именно предложенный нами в 1997 г. [4] физический механизм возбуждения ридберговских уровней — через возбуждение таких уровней при их столкновениях с ускоренными электронами — наиболее вероятный из трёх возможных [3]. Таким образом, экспериментально подтверждены результаты наших работ [4, 5] об эффективности ридберговского механизма в ионосфере [6]. Современные подходы к проблеме изложены в статьях [7–9].

Наши работы [4, 5] фактически идут в развитие идеи А.Л. Чижевского о связи феномена жизни с “космическими силами” [10]: “В действительности жизнь определяется водной средой и коллоидной системой (коллоиды имеют размеры: 1 нм — 1 мкм). Чувствительность химической системы к воздействию космических сил связана с её структурой — иными словами, с геометрическими и энергетическими факторами её молекулярной структуры и сложностью её организации. По мере изучения структуры воды и её коллоидов это мнение укрепляется с каждым днём” [10, с. 719]. Удивительно, что автор, расширив привычные понятия (кластеры-ассоциаты) до коллоидов, то есть более крупных частиц, оказался ближе к истинным, несколько увеличенным размерам молекулярных структур, находящихся в ридберговских состояниях. Хорошо известно, что этот подход развивался и в более ранних работах А.Л. Чижевского [11–14], может быть, не столь чётко сформулированный.

В настоящей работе поставлена цель выявить все каналы микроволновых потоков эмиссионного излучения ионосферы Земли, разрешённых квантовой механикой, с учётом непрерывного усиления антропогенного шума, в первую очередь от мобильной связи. Основные исследовательские задачи:

- представить достижения, важные с точки зрения космологии быстрых космических перелётов, а также для современной медицинской биофизики;
- подтвердить постулат А. Эйнштейна (1916) об индуцированном (вынужденном) излучении в генерации и индуцированного микроволнового излуче-

ния в термодинамически равновесной среде [15, 16], включая организм человека (СВЧ-излучение которого считается тепловым) и реликтового излучения;

- определить многофакторное влияние микроволновых потоков на биосферу и здоровье человека;
- выявить основные источники микроволнового излучения в окружающей среде в поддиапазонах (миллиметровом, сантиметровом, дециметровом);
- представить основные результаты супрамолекулярной химии, используемые в супрамолекулярной физике;
- рассмотреть роль переноса протонов как основного механизма образования многоатомных ридберговских молекул, которые являются источником образования кластеров-ассоциатов в супрамолекулярной физике.

МИКРОВОЛНОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Микроволновый диапазон включает излучение с длинами волн от 1 мм (частота 300 ГГц – Extremely High Frequency (EHF)) до 1 м (частота 0,3 ГГц – Ultra High Frequency (UHF)) с промежуточным микроволновым СВЧ-диапазоном частоты от 3 до 30 ГГц с длиной волны 10–1 см (Super High Frequency (SHF)). В работе [17] обобщён новый подход к оригинальному физическому механизму генерации микроволнового излучения ионосферы Земли во время солнечных вспышек в рентгеновском и крайнем ультрафиолетовом диапазонах, а главное – во время глобальных геомагнитных бурь, когда, в том числе в средних широтах, велики потоки электронов, выпадающих из радиационных поясов Земли в верхнюю атмосферу.

Важно, что в этом исследовании учтена возможность возбуждения высоколежащих (вблизи потенциала ионизации атомно-молекулярной частицы) электронных ридберговских состояний, в том числе молекул воды, а также сильная зависимость этих состояний от величины орбитального квантового числа, которое характеризует глубину проникновения ридберговского электрона в ионное ядро. Ведь именно это в рамках супрамолекулярной физики определяет, каков будет конечный выход устойчивых супрамолекул (кластеров-ассоциатов) из молекул воды. Обобщив супрамолекулярную физику на биофизические эффекты [17], мы воспользовались единым подходом с позиций фундаментальной физической оптики и физики атомных столкновений. Это важно с точки зрения механизма генерации потока микроволнового излучения как в ионосфере и в нижних слоях атмосферы, так и особенно в организме биологического объекта, включая человека. Ведь размеры орбиты высоковозбуждённого электрона в ридберговских состояниях очень велики – её радиус может достигать даже ма-

лых долей миллиметра. В работе [18] показано, что в ионосфере Земли столкновения, гасящие микроволновое излучение, незначительны выше 115 км. Вопрос о времени жизни ридберговских состояний в жидкой среде организма также связан с влиянием процессов столкновительного тушения. Взаимодействие ридберговского атома/молекулы в нашем случае (биологическая среда, атомно-молекулярный компонент) рассматривалось в исследовании [19]. Столкновение электрона с нейтральным атомом/молекулой происходит на меньших расстояниях, чем кулоновское взаимодействие. Следовательно, высоковозбуждённый электрон взаимодействует с нейтралом только тогда, когда они находятся очень близко, и это столкновение по времени значительно короче, чем при взаимодействии заряженных частиц. Поскольку ионное ядро (электроны во внутренних оболочках и ядро) находится далеко от ридберговского электрона, его присутствие несущественно в электрон-нейтральных столкновениях. Предполагается, что гасящий эффект такого столкновения мал.

ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ НАТУРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ И СЛОЖНОСТИ ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИИ

Необходимо остановиться на интерпретации пионерского эксперимента по регистрации микроволнового излучения полярного сияния с попыткой привлечения схемы переходов, которые по современным представлениям можно отнести к ридберговскому возбуждению [20]. Сигнал из области полярного сияния был зарегистрирован наземным радаром на частоте 3 ГГц. Установлено, что если физический механизм возбуждения ионосферного микроволнового излучения основан на плазменных колебаниях, то тепловая ионосферная электронная плотность должна составлять $N_e \sim 10^{11} \text{ см}^{-3}$. Учитывалась возможность каскадных процессов после захвата от $n = 121$ до $n = 120$, но оказалось, что их вклад незначителен.

Следовало учитывать все возможности генерации микроволнового излучения основных компонентов верхней атмосферы: атомарного кислорода, молекулярного азота и кислорода, а не только атомарного состава. В работе не принимался во внимание молекулярный состав верхней атмосферы на высотах ниже 180 км и, соответственно, столкновительное перемешивание электронных (ридберговских) состояний с сеткой колебательно-вращательных уровней [20], хотя это противоречит классической работе Н.С. Кардашева [21], что подтверждено в [22, рис. 2.40], где уровни энергии в см-диапазоне соответствуют как раз $n \sim 100$. Авторы работы [20] провели анализ в рамках процессов только в атомарной части плазмы земной ионосферы. Очевидно, что это некорректное приближение, поскольку полярные

сияния наиболее интенсивны в высотной зоне ниже ~180 км — границе перехода концентраций атомов кислорода в нижележащую плазму на основе молекулярного азота (где уже нет реального квантового запрета на радиационные переходы из-за появления колебательно-вращательных уровней молекул). Здесь необходимо принимать во внимание, что молекулы (в том числе входящие в кластеры-ассоциаты) имеют колебательные и вращательные степени свободы, и это приводит к появлению множества энергетических уровней. Электронно-возбуждённые (ридберговские) уровни располагаются более тесно, чем колебательные и даже вращательные уровни ионного остова уже при главном квантовом числе $n \geq 8$ [23]. Таким образом, условие для существования молекулярных ридберговских уровней водосодержащего ассоциата, в том числе, по-видимому, и в биомолекулярном компоненте, практически реализуемо в микроволновом диапазоне энергий.

Нужно отметить, что уже в докладе [5] были учтены возможности генерации микроволновых излучений всех основных компонентов верхней атмосферы: атомарного кислорода, молекулярного азота и кислорода. Определено, что микроволновые излучения атома кислорода с учётом правил отбора запрещённых квантовых электрических дипольных переходов (в том числе ридберговских) реализуются в *дм*-диапазоне: $\Delta n = 0$ при $n = 20-40$, в *см*-диапазоне: $\Delta n = 1$ при $n = 10-20$, или при $l = -1$ и $n = 10-20$, в *мм*-диапазоне: $\Delta n > 1$ при $n > 10$.

С 1980 г. супрамолекулярная физика ридберговски возбуждённых многоатомных молекул с высоким сродством к протону получила весомую поддержку. В статье [24], программной для нашего исследования, кратко представлен механизм образования многоатомных ридберговских молекул [25], который составляет основу супрамолекулярной физики: “Причина, по которой ридберговские состояния H_3 стабильны, очевидно, заключается в высокой стабильности H_3^+ (или, другими словами, в высоком сродстве к протону молекулы H_2), что гарантирует, что все ридберговские состояния H_3 лежат значительно ниже энергий всех возбуждённых состояний продуктов диссоциации $H+H_2$. Кажется разумным ожидать, что другие молекулы, скажем, X , с высоким сродством к протону, также дадут стабильные ридберговские состояния соответствующих нейтральных видов XH . Примерами могут служить H_2O , NH_3 и CH_4 , которые дают очень стабильные ионы при добавлении протона. Таким образом, кажется возможным, что в конечном итоге будут наблюдаться ридберговские спектры H_3O , NH_4 и CH_5 ” [24, с.1278].

Не менее важной для наших тридцатилетних исследований стала работа [26], в которой рассматривается ситуация с механизмом усиления сигнала на несущей частоте при наличии фонового пото-

ка в широком диапазоне частот. Это может быть случай антропогенного сигнала мобильной связи, наложенный на спектр микроволновой эмиссии излучения ионосферы. Вот выводы из этого исследования: 1) стохастический резонанс — явление, при котором при определённых условиях (в мультистабильных или бистабильных системах) увеличение рабочего шума приводит к более упорядоченному поведению системы; 2) это кооперативный эффект, при котором энергия шума, распределённая по широкому спектру, перекачивается в выходную энергию на частоте сигнала, в том числе антропогенного; 3) наличие стохастического резонанса представляет собой общее философское возражение скептицизму относительно возможности влияния слабых электромагнитных волн на живые системы. Следует отметить, что в связи с постоянно увеличивающимся антропогенным потоком микроволн (в результате бурного развития мобильной связи [27, с. 270]) вклад эффекта стохастического резонанса в микроволновое загрязнение окружающей среды становится всё более существенным.

В отечественной науке признано единство модельного толкования в различных научных отраслях, в том числе с точки зрения теории подобия, развитой академиком Г.С. Голицыным [28]. Это позволяет достичь убедительных результатов в области анализа статистических законов природы как в околоземном пространстве, так и в космосе. В соответствии с этим подходом “в больших размерах мироздание стремится устроиться по общим законам” [29, с. 95].

Заметная роль в изучении антропогеники микроволнового излучения на протяжении многих лет принадлежит профессору Д.О. Карпентеру (США), директору Института здравоохранения и окружающей среды. В 2008 г. в докладе в Ереване в связи со 100-летием академика В.А. Амбарцумяна он привёл данные о росте заболеваемости болезнью Альцгеймера почти в 1.5 раза вблизи мощного навигационного передатчика [30]. В недавней публикации [31], посвящённой онкологии, отмечена повышенная готовность к эпилепсии у детей, которые подвергались воздействию микроволнового излучения. Подход к этой проблеме применительно к онкологическим заболеваниям изложен в монографии А.М. Дейчмана (НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России) [32].

ПАНДЕМИИ И ФИЗИКА СОЛНЕЧНО-БИОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ

Наши исследования основаны на трудах Ж.-М. Лена как основоположника супрамолекулярной химии, Г. Герцберга, предложившего на основе оптического эксперимента возможные механизмы ридберговского возбуждения молекул воды, аммиака и метана, возникающих при переносе протонов,

А. Сент-Дьёрди, описавшего процессы биоэнергетики живых систем, М. Эйгена, являющегося пионером в изучении переноса протонов в молекулярной биологии, П. Агре, открывшего аквапориновый канал, что существенно обогатило наши знания о нейрпатологических эффектах, С. Ароша, внёсшего заметный вклад в супрамолекулярную физику в полости (поскольку для микроволнового излучения организм человека можно рассматривать как находящийся в термодинамическом равновесии), А. Эйнштейна, который постулировал возможность индуцированного излучения. В 1980 г. практически одновременно группой Г. Герцберга и Ж.-М. Леном в рамках супрамолекулярной химии была выявлена возможность генерации супрамолекул, например воды, в электронных, предельно высоковозбуждённых ридберговских состояниях вследствие повышенной чувствительности к потоку микроволнового излучения с образованием в таких случаях многоатомных ридберговских молекул.

Невозможность измерения истинных параметров электромагнитной и корпускулярной активности Солнца до эпохи ракетно-космических экспериментов (с 1946 г.) не позволила А.Л. Чижевскому, который активно исследовал влияние электромагнитных возмущений окружающей среды на возникновение эпидемий [11–14], напрямую сопоставить солнечно-геомагнитную активность и конкретные пандемии. В работе [33] приводятся прямые указания на наличие такой связи как на примере вируса гриппа, так и пандемии COVID-19 [34]. Продолжительность эпидемии гриппа в каждом одиннадцатилетнем солнечном периоде составляет в среднем четыре года, а пики внутри этого цикла приходятся как на максимум, так и на минимум солнечной пятнообразовательной активности. Это соответствует современным данным [35] о таком же распределении основного источника микроволн из ионосферы – мировых геомагнитных бурь. Такие данные были получены нами ещё в январе 1971 г. на спутнике “Космос-381” с радиометрической аппаратурой Государственного оптического института им. С.И. Вавилова во время мировой геомагнитной бури [35, 36]. При этом впервые удалось определить вариации интенсивности потоков электронов во время сильной (мировой) геомагнитной бури на высоте 1000 км, как захваченных, так и высыпающихся, из радиационных поясов средних широт Северного и Южного полушарий, отдельно для дневной и ночной ионосферы и для двух областей геомагнитных широт: 45–55° и 55–60° в потоках электронов с энергией более 2.5 кэВ (захваченные), в потоках электронов с энергией более 25 кэВ (также захваченные), в потоках электронов с энергией более 2.5 кэВ (высыпающиеся) и в потоках электронов с энергией более 25 кэВ (также высыпающиеся) [35; 36, стр. 297–299]. Начиная с 1978 г. эти данные подтверждались результатами целенаправленных визуально-инструментальных наблюдений свечений

верхней атмосферы с отечественных орбитальных научных станций в зоне умеренных географических широт (менее 51.6°) [37].

Основатель (1956) и первый директор Института эволюционной физиологии им. И.М. Сеченова академик Л.А. Орбели сформулировал проблему воздействия космических факторов на живые организмы следующим образом: “Организм и среда представляют собой нечто неразрывное и находятся в единстве и взаимодействии. Если вспомнить об этом и учесть, что весь ход развития тех или иных функциональных связей происходил в определённой среде, вечно изменяющейся, вечно воздействующей на живые организмы, то станет ясно, что ни одна функция не могла бы развиваться и претерпевать те или иные изменения иначе, как под влиянием и в зависимости от тех воздействий среды, которым она постоянно подвергалась... Приходится учитывать как внутренние факторы, исходящие из самого организма в виде взаимодействия его отдельных частей, так и внешние факторы” [38, с. 61]. Первые подтверждающие эту мысль результаты были получены 20 лет назад в Казанском медицинском институте и изложены в нашей статье [39]: при высокой солнечно-геомагнитной активности увеличивалось содержание водных кластеров-ассоциатов в организме человека.

Интересно проследить экспериментальные и теоретические предпосылки учения академика Л.А. Орбели на примере экзогенного подхода к возникновению и развитию эпилептических припадков. (В настоящее время в мире эпилепсией страдают более 50 млн человек.) Несмотря на то, что первым результатам по этой теме более века, они практически выпали из современных представлений о патологии и методах борьбы с эпилепсией. На наш взгляд, причина этого – увлечение термодинамическими соображениями и ограничениями. Однако нельзя не согласиться, что “термодинамика говорит нам только о том, возможна или нет данная реакция, но ничего не говорит о природе или механизме этой реакции” [40, с. 31]. Например, в работе [41] анализируются причины нарушения активности мозга в самом начале эпилептического приступа, достаточно адекватно описывается изменение ЭЭГ (в рамках самоорганизации и согласованного поведения ансамбля нейронных клеток, когда линейная устойчивость стационарного состояния не поддерживается за счёт эндогенных факторов). Но там же отмечается, что самоорганизация может возникнуть и в некоторых стабильных системах, если на них воздействуют внешние флуктуации [41, с. 354]. Аналогичные результаты с использованием активированной воды получены в исследованиях [42, 43].

В соответствии с современными представлениями [44, с. 438], в том числе П.К. Агре [45, с. 4279], подчёркивается роль открывающихся водных каналов-аквапоринов при таких патологических со-

стояниях, как церебральная ишемия и эпилепсия. Большое внимание патологии судорожных припадков уделено в недавней монографии [46] в связи с кардиocereбральными нарушениями и внутриклеточными изменениями. Выявлено, что судорожные состояния, спровоцированные факторами различной природы, вызывают одинаково выраженные гемодинамические изменения (при движении крови по сосудам) и, что важно для дальнейшего рассмотрения, сопровождаются длительным снижением содержания макромолекул [46, с. 243]. Одной из причин этого может быть изменение проницаемости нейронов для ионов и воды [46, с. 270]. Следует вывод: “Механизмы, осуществляющие транспорт воды через плазматические мембраны, играют центральную роль в физиологии мозга”. Так современная медицинская биофизика судорожных эпилептических состояний подчёркивает важность макромолекулярных структур, а частичное прикрытие аквапориновых каналов в нейрональных мембранах становится препятствием для проникновения в клетку даже самых простых супрамолекул.

Действительно, “в настоящее время общепризнано, что жидкая вода представляет собой совокупность молекул воды, объединённых в единую сеть... Протонный обмен происходит постоянно... протоны жидкой воды поэтому в значительной степени социализированы, образуя подсистему с высокой подвижностью. Наличие этой подсистемы в высокочастотной воде определяет её электропроводность: последняя не может быть объяснена, если считать, что вода представляет собой лишь совокупность инертных молекул воды” [47, с. 405]. Предлагалось учитывать микроволновое излучение естественного (ионосферного) и антропогенного происхождения в активном управлении патологической биоэлектрической активностью мозга человека при эпилепсии [48, 49]. Для этого разработана адаптивная регуляция коррекции такого психопатического состояния методом “биоуправления с биологической обратной связью” [48, с. 137].

ОТ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ ХИМИИ К МИКРОВОЛНОВОЙ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

В работах Ж.-М. Лена приводятся аргументы в пользу учёта в определённых случаях ридберговских электронных состояний [50, с. 22; 51]. Так, предлагается рассматривать молекулярную протонику как важнейший процесс в биофизике: “перенос протона имеет принципиальное значение в биоэнергетике живого организма, направляя процессы транспорта и синтез АТФ — аденозинтрифосфорной кислоты — поставщика химической энергии для биохимических и физиологических процессов в организме” [50, с. 51]. В своей онлайн-лекции на Петербургском форуме нобелевских лауреатов 26 июня

2015 г. Ж.-М. Лен уже акцентировал необходимость учёта и космического влияния [52].

В определённой мере супрамолекулярная химия связана с открытием Р.К. Агре [45] аквапоринового канала в биологических мембранах, позволяющего воде перемещаться, исключая, например, форму H_3O^+ [44]. В [53, 54] исследовались состояния при взаимодействии с СВЧ-излучением в замкнутой полости. Это важно для биофизики организма человека, поскольку его экспериментально регистрируемое СВЧ-излучение считается тепловым [55]. Следует отметить, что мы впервые учли применительно к микроволновому диапазону постулат А. Эйнштейна (1916) об индуцированном излучении [39].

В работе [16] представлены результаты по ожидаемой энергетике микроволнового квантового движителя для космических полётов с использованием мм-излучения — реликтового и солнечного теплового радиопотока. Учитывалась возможность совместной работы движителя и известных разработок электроракетных двигателей (ЭРД) и жидкостных ракетных двигателей. Впервые предложено использовать эту энергию для межпланетных полётов. Рассмотрена также возможность учёта, в соответствии с постулатом А. Эйнштейна 1916 г., индуцированного испускания (с участием среды — межзвёздных/ межпланетных молекулярных облаков) квантов той же частоты, фазы и поляризации, движущихся в том же направлении, что и падающий поток квантов. Поскольку каждый распространяющийся квант может сопровождаться вновь образующимся квантом индуцированного испускания, была выполнена расчётная оценка возможного вклада этого эффекта в величину тёмной энергии Вселенной. Учитывались возможности дополнительного индуцированного испускания квантов фонового (реликтового) мм-излучения, а также теплового (вне импульсной фазы радиовсплеска) мм-излучения от Солнца. Энергетика ридберговских полиатомных молекул из простых гидридов и водорода межзвёздной/ межпланетной среды рассматривалась согласно модели межзвёздных облаков А.Г. Егикяна, верифицированной в Бюраканской астрофизической обсерватории им. В.А. Амбарцумяна НАН Республики Армения [56]. Основное содержание таких облаков (при их плотности от 10^2 до 10^7 см⁻³ — эта величина относится к ядрам галактик) составляют молекулы H_2 и три простых гидрида (воды, аммиака и метана). У таких молекул, особенно у гидридов, очень велико сродство к протону, что быстро приводит через переход протона от соседней молекулы к образованию супрамолекулярных ионов H_3^+ , гидроксония H_3O^+ , аммония NH_4^+ и CH_5^+ и более сложных ассоциатов.

В исследовании [57] представлены варианты двигателя космического звездолёта, в которых используется межзвёздный газ с вкладом скоростного

напора (ram-effect), что позволяет увеличить тягу и нашего квантового движителя в согласии с расчётными оценками не менее чем в 2000 раз — от 3 кН до 3 МН — даже при первой космической скорости. Реально величина скоростного напора может расти с увеличением скорости КА как минимум в линейной зависимости. Это позволяет рассчитывать на величины тяги (при 100 км/с) до 30 МН. Данное значение, по-видимому, может значительно увеличиваться за счёт “подсветки” микроволновым шумовым излучением электрического ракетного двигателя при параллельном его функционировании. Такой шум исследовался на частотах ниже 20 ГГц [58], и наши оценки показывают, что шумовой поток микроволн может даже превышать поток реликтового излучения [16]. Солнечный радиопоток (на орбите Земли) даёт на порядок большую (до 10^7 эВ) величину в энергетике потока квантов мм-диапазона, чем реликтовое излучение, с достижением (при плотности межпланетной среды 10^4 см⁻³) значения тяги от десятка кН, в том числе при полётах к Марсу.

В работе [16] впервые представлены оценки роли вынужденного испускания. Согласно [59] при вынужденном (индуцированном) испускании:

- элементарные процессы изменения энергии атомных систем следует рассматривать как мгновенные и считать, что каждый процесс может произойти в любой момент времени независимо от остальных процессов того же типа (в рамках статистической независимости случайных процессов) [59, с. 79];

- при полном тепловом (термодинамическом) равновесии в нём участвуют не только частицы вещества, но и излучение, находящееся в равновесии с веществом — равновесное (чернотельное) излучение. Равновесие вещества и излучения всегда устанавливается в некотором объёме: замкнутой полости, замкнутом, заполненном веществом объёме, если средний пробег квантов мал по сравнению с размерами объёма [59, с. 123]. Это практически всегда верно для человеческого организма [7–9]. В случае космического реликтового микроволнового фона действующий масштаб вообще безграничен;

- вынужденное испускание обусловлено поглощаемым излучением; поглощение и вынужденное испускание — вынужденные процессы; их отличие состоит в том, что под воздействием излучения при элементарном поглощении число квантов уменьшается на единицу, а при элементарном процессе вынужденного испускания — увеличивается на единицу. Очень важно, что интенсивность спонтанного (всенаправленного) излучения (испускания) примерно на порядок ниже, чем индуцированного (вынужденного). Соотношения между коэффициентами, позволяющие вычислить вероятность спонтанного испускания, если известна вероятность поглощения, установлены в 1916 г. А. Эйнштейном и могут быть строго обоснованы методами квантовой электродинамики;

- в силу того, что вынужденное испускание квантов происходит в направлении распространения падающего излучения той же частоты при сохранении поляризации, роль потока вынужденно испущенных квантов сводится к тому, что практически убьёт числа квантов и поглощение пучка на частоте падающего излучения становятся меньше [59, с. 117, 118], что и использовано нами при интерпретации возможной природы и количественной оценке потока тёмной энергии Вселенной.

Основные выводы таковы.

- Предложена и обоснована схема супрамолекулярного подхода к микроволновой энергетике межзвёздных/межпланетных молекулярных облаков.

- Рассматривается дополнение каналов известного мазерного эффекта в космосе при учёте излучения с высоковозбуждённых уровней ридберговских молекул, чувствительного к внешнему микроволновому источнику и тепловому равновесному излучению среды, включая реликтовое излучение. Мазерный эффект может быть обусловлен переносом протона от соседней молекулы с последующим рождением ридберговски возбуждённой молекулы.

- В физике межзвёздных облаков мы предлагаем рассматривать неучитываемую до сих пор энергию космоса, которую в современной космологии относят к скрытой энергии. По нашему предположению, тёмная энергия — это лишь неучитываемая часть потока индуцированного микроволнового *реликтового излучения*, обеспечивающая 100-процентный вклад в скрытую энергию Вселенной. Мы обсуждаем наличие микроволнового фактора в природе уже 30 лет, акцентируя внимание на спорадическом микроволновом излучении земной ионосферы, особенно сильном во время магнитных бурь и солнечных вспышек в соответствии с известным прогнозом, “чтобы найти подход к центральной проблеме биологии, мы должны расширить представления в двух направлениях: субмолекулярном и супрамолекулярном” [40, с. 138]. Именно с использованием нашего механизма супрамолекулярной физики в последние годы изучалась роль солнечных вспышек и глобальных магнитных бурь в развитии патологии в области ревматоидного и реактивного артрита, онкологических, вирусных и нейродегенеративных заболеваний, а также эпилепсии.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА

Первоначально конкретика, касающаяся поведения вирусов в биосфере в ответ на космические факторы, была рассмотрена в работе [39]. Общий подход к экспериментальным доказательствам наличия возбуждённых уровней ридберговского типа в биологических молекулах был опубликован в статье [60]. Отмечено, что теория игнорирует ридберговские возбуждения. Таблица, представлен-

ная [61], содержала данные для жизненно важных биоматериалов, например ДНК, клеток крови, олигопептидов, гликопептидов, хлоропластов и т.д. Следует подчеркнуть, что эти процессы могут активно протекать как в газовой фазе, так и в жидкостях. М.Б. Робин подтвердил, что ридберговские состояния регистрируются в спектрах поглощения как для паров воды, так и в конденсированных средах (жидкая вода и лёд), при этом значения сечений поглощения остаются практически неизменными [62].

Одной из первых работ с указаниями на возможную роль переноса протона как в жидкой воде, так и во льду для биосред была [63]. М. Эйген и Л. Де Майер изучали перенос протонов в воде за счёт водородных связей с образованием сложных гидратированных ионных ассоциатов с участием молекул воды и пришли к выводу о возможности использования полученных результатов в биологических приложениях. В работе [64] была рассмотрена возможность возникновения первых структурно устойчивых макромолекул из белковоподобных веществ в самом начале эволюции, то есть в процессе возникновения жизни.

Чтобы оценить вклад электромагнитного излучения в биоэнергетику живого организма, важно иметь в виду следующее обстоятельство: в высоковольтных (ридберговских) состояниях, в том числе в ассоциатах с участием молекул воды, параллельно с поглощением квантов в том же диапазоне происходит индуцированное излучение со значительно большей вероятностью, чем испускание при спонтанных электрических дипольных переходах [7, 8, 15, 34, 61]. Указанные статьи привлекли повышенное внимание, поскольку в них дано объяснение введённым А.Г. Гурвичем понятиям “биополе” и “митогенетические лучи” [65]. Это означает, что индуцированное микроволновое излучение, возникающее при прохождении потока квантов внешней волны через жидкую среду живого организма, участвует в дальнейших актах возбуждения ридберговского электрона. Поэтому есть основания учитывать этот процесс в энергетике биологических реакций, поскольку индуцированный квант излучения имеет ту же частоту и направление движения, что и первичный, а следовательно, участвует в процессах возникновения нейтральных водосодержащих ассоциатов в рамках того же сценария супрамолекулярной физики.

О ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРИЧИНАХ “СПОРАДИЧЕСКОЙ НЕВОСПРОИЗВОДИМОСТИ” В БИОФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Максимальные потоки микроволнового излучения из ионосферы, спорадически возникающие во время глобальных магнитных бурь, являются важным дополнительным фактором комплексного воздействия электромагнитного излучения на био-

сферу, интенсивность которого в главную фазу мировой геомагнитной бури, то есть при наблюдении наиболее ярких полярных сияний, может достигать $\sim 10^{-10}$ Вт/см² [66, 67], что превышает собственное микроволновое излучение организма человека. Прогнозируется эффект стохастического резонанса непрерывного во всём спектральном диапазоне потока микроволнового излучения ионосферы с антропогенными микроволновыми источниками (электроника, сотовая связь, позиционирование) на рабочих частотах, а также с источниками теплового излучения окружающей среды и персонала.

Очевидно, что внешнее микроволновое излучение при отсутствии контроля за микроволновыми потоками от возмущённой ионосферы может быть основным фактором, ответственным за длительные наблюдения эффектов невоспроизводимости в ряде биофизических экспериментов [47]. Речь идёт о спорадической невоспроизводимости. Таким образом, мы следуем подходу: “невоспроизводимость не означает нереальности объекта, невоспроизводимость имеет смысл только по отношению к временному интервалу исследования” [47, с. 531]; “проблема снижения воспроизводимости нетепловых эффектов является важной; при наличии многих общепризнанных факторов невоспроизводимости её природа до сих пор не изучена” (там же). Хотя сказанное относится к малым эффектам в магнитобиологии, оно также важно при интерпретации явлений малых доз. Согласно нашему исследованию [68], явления, зарегистрированные группой Бенвенисте, могут быть полностью объяснены неконтролируемым воздействием ионосферных микроволновых излучений в этих экспериментах, то есть это типичная спорадическая невоспроизводимость.

В рамках описываемого здесь подхода, представляет интерес создание уникального резервного канала спасения космонавта при обрыве фала у перспективного пилотируемого транспортного корабля (ПТК), планируемого для работы как на околоземной орбите, так и в лунных экспедициях. Соответствующие квантовые оценки показывают, что можно использовать временно развёртываемые платформы диаметром до 1 м из армированной плёнки, положительно зарекомендовавшей себя в серии специальных экспериментов на отечественном орбитальном комплексе “Мир” – “Знамя-2”, “Знамя 2.5” и “Рефлектор” [69, с. 223–236]. Наполнение такого стакана из достаточно прочной плёнки за счёт движения ПТК в межпланетной среде её молекулярными составляющими (H_2 , H_2O , NH_3 и CH_4) позволит напрямую (с использованием прицельного поворотного сопла) или путём перемещения галсами направлять космонавта к ПТК.

Подробные экспериментальные данные о вариациях потоков электронов на высоте 1000 км при входе в земную ионосферу опубликованы дважды, благодаря интересу к ним редколлегий двух отече-

ственных журналов [70, с. 12; 71, с. 1153]. Эти результаты были получены тремя основными приборами ГОИ им. С.И. Вавилова, входящими в состав современной аппаратуры “Космический солнечный патруль”, в том числе фильтровым фотометром.

* * *

Таким образом, здесь представлены результаты предпринятого 30 лет назад учёта микроволнового фактора в природе, отмечается важнейшая роль возбуждения ридберговских состояний в окружающей среде, биосфере и космосе.

Показано значение постулата А. Эйнштейна для индуцированного микроволнового излучения, которое возникает при прохождении потока квантов внешней волны через жидкую биосреду организма человека и межзвёздные молекулярные облака, участвуя в актах возбуждения ридберговского электрона. Равновесие вещества и излучения всегда осуществляется в некотором объёме: замкнутой полости, замкнутом, заполненном веществом объёме, если средний пробег квантов мал по сравнению с размерами объёма. Это практически всегда верно для человеческого организма. В случае космического реликтового микроволнового фона действующий масштаб безграничен.

Обоснована необходимость учёта нового агента в физике солнечно-земных связей – спорадического микроволнового излучения земной ионосферы, особенно сильного во время геомагнитных бурь и солнечных вспышек. Определена роль солнечных вспышек и глобальных магнитных бурь в развитии патологии в области ревматоидного и реактивного артрита, онкологических, вирусных и нейродегенеративных заболеваний.

При участии руководителя синоптической программы Национальной солнечной обсерватории США доктора А.А. Певцова наш механизм использован при выполнении заблаговременного прогноза ослабления текущей эпидемической обстановки COVID-19 на основе данных SDO США. Установлено, что основное электромагнитное влияние на здоровье человека может оказывать антропогенный микроволновый смог системы сотовой связи. По словам академика РАН А.Г. Чучалина, “человек построил современный мир, изменил всю свою среду... оказался весьма уязвимым к тому, что сам же и создал. И в первую очередь это касается его иммунной системы” [33].

Нет сомнения, что изучение реакции живой материи на вариации потока микроволн ионосферно-космической природы важно для прогресса в решении фундаментальных проблем клинической физиологии, а также в электромагнитной терапии [72].

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность за постоянную поддержку работы академиком РАН Г.С. Голицыну,

В.А. Драгавцеву, М.В. Дубине, С.Г. Инге-Вечтомову, И.И. Мохову и Г.А. Попову, иностранному члену РАН, академику НАН Республики Армения Р.М. Мартиросяну, членам-корреспондентам РАН И.Д. Новикову, С.И. Сороко и А.В. Степанову, профессорам Е.В. Болдыревой, А.З. Девдариани, Г.А. Галечяну, Т.И. Ларченковой, доктору Г. Шмидтке (Германия), доктору А.А. Певцову (США).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авакян С.В.* Новый фактор в физике солнечно-земных связей – ридберговские состояния атомов и молекул // Тез. докл. Междунар. конф. по физике солнечно-земных связей. Алматы: Наука. 1994. С. 3–5.
Avakyan S.V. The new factor in the physics of solar-terrestrial link – Rydberg states of the atoms and molecules // In: The abstracts of reports on a International conference on physics of solar-terrestrial relationships. 7–11 November, 1994. Almaty, 1994. Pp. 3–5. (In Russ.)
2. *Грач С.М., Фридман В.М., Лифшиц Л.М. и др.* Дециметровое электромагнитное излучение, стимулированное КВ нагревом ионосферы // Труды XX Всероссийской конференции по распространению радиоволн. Нижний Новгород, 2002. С. 303–304.
Grach S.M., Fridman V.M., Lifshits L.M. et al. Decimeter electromagnetic radiation stimulated by HF heating of the ionosphere. Proceedings of the XX All-Russian Conference on Radio Wave Propagation. Nizhny Novgorod, 2002. Pp. 303–304. (In Russ.)
3. *Грач С.М., Фридман В.М., Лифшиц Л.М. и др.* UHF электромагнитное излучение, стимулированное КВ накачкой ионосферы // *Annales Geophysicae*. 2002, vol. 20, pp. 1687–1691.
4. *Авакян С.В., Серова А.Е., Воронин Н.А.* Роль ридберговских атомов и молекул в верхней атмосфере // Геомагнетизм и аэрномия. 1997. Т. 37. № 1. С. 99–106.
Avakyan S.V., Serova A.E., Voronin N.A. The role of Rydberg atoms and molecules in the upper atmosphere // *Geomagn. Aer.* 1997, vol. 37, no. 3, pp. 331–335. DOI:1091-6539/97/0101-0180 (In Russ.)
5. *Авакян С.В.* New possible mechanism of sporadic ionospheric radioemissions // In: Book of Abstracts of papers presented at the 25-th General assembly of URSI. August–Sept. 1996. France. G 1. Ionospheric models and indices. 1996. P. 136.
6. *Leyser T.B., Wong A.Y.* Powerful electromagnetic waves for active environmental research in geospace // *Rev. Geoph.* 2009, vol. 47, no. 1, pp. 1–33.
7. *Авакян С.В., Баранова Л.А.* Использование результатов супрамолекулярной солнечно-земной физики при решении космологических проблем // Труды XXV Всер. ежегодной научной конф.

- “Солнечная и солнечно-земная физика” / Под ред. А.В. Степанова, Ю.А. Наговицына. 4–8.10.2021, ГАО РАН, 2021. С. 23–30.
- Avakyan S.V., Baranova L.A.* Using the results of supramolecular solar-terrestrial physics in solving cosmological problems // Proceedings of the XXV Ser. annual scientific conf. “Solar and solar-terrestrial physics” / Ed. A.V. Stepanov, Yu.A. Nagovitsyn. 4–8.10.2021, GAO RAS, 2021. Pp. 23–30. (In Russ.)
8. *Авакян С.В., Баранова Л.А.* Микроволновая энергетика межзвёздного/межпланетного пространства: модельное описание. Труды XXVI Всер. ежегодной научной конф. “Солнечная и солнечно-земная физика” / Под ред. А.В. Степанова, Ю.А. Наговицына. 4–8.10.2021, ГАО РАН, 2021. С. 331–336.
Avakyan S.V., Baranova L.A. Microwave energetics of interstellar/interplanetary space: model description. Proceedings of the XXVI Ser. annual scientific conf. “Solar and solar-terrestrial physics” / Ed. A.V. Stepanov, Yu.A. Nagovitsyn. 4–8.10.2021, GAO RAS, 2021. P. 331–336. (In Russ.)
 9. *Авакян С.В., Баранова Л.А., Ковалёнок В.В., Савиных В.П.* Супрамолекулярная физика и микроволновое излучение космического пространства: к проблеме дальних перелётов // Матер. VII Всер. научной конф. “Проблемы военно-приклад. геофизики и контроля состояния природной среды” / Под общей ред. Ю.В. Кулешова. 24–26 мая. ВКА им. А.Ф. Можайского. СПб., 2022. С. 292–301.
Avakyan S.V., Baranova L.A., Kovalenok V.V., Savinykh V.P. Supramolecular physics and microwave radiation of outer space: on the problem of long-distance flights // Proc. VII Ser. scientific conf. “Problems of military-applied geophysics and monitoring of the state of the natural environment” / Under the general editorship of Yu.V. Kuleshov. May 24–26. A.F. Mozhaisky Military Space Academy. St. Petersburg, 2022. Pp. 292–301. (In Russ.)
 10. *Чижевский А.Л.* Космический пульс жизни. Земля в объётах Солнца. Гелиотараксия. М.: Мысль, 1995.
Tchizhevsky A.L. Cosmic pulse of life. Earth in the arms of the Sun. Heliotaraxia. Moscow: Mysl, 1995. (In Russ.)
 11. *Чижевский А.Л.* Физические факторы исторического процесса. Калуга: 1-я Гостиполитография, 1924.
Tchizhevsky A. Physical factors of historical process. Kaluga: 1st Gostipolitografiya, 1924. (In Russ.)
 12. *Чижевский А.Л.* Фактор, способствующий возникновению и распространению массовых психозов // Русско-немецкий медиц. ж. 1928. № 3. С. 101–130.
Tchizhevsky A.L. A factor contributing to the emergence and spread of mass psychoses // Russian-German Med. J., 1928, no. 3, pp. 101–130. (In Russ.)
 13. *Чижевский А.Л.* Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976.
Tchizhevsky A.L. Terrestrial echo of Solar Storms. Moscow: Mysl, 1972. (In Russ.)
 14. *Чижевский А.Л.* На берегу Вселенной. Годы дружбы с Циолковским. Воспоминания. М.: Мысль, 1995.
Tchizhevsky A.L. On the Shore of the Universe. Years of Friendship with Tsiolkovsky. Memories. Moscow: Mysl, 1995. (In Russ.)
 15. *Авакян С.В., Баранова Л.А.* Микроволновые излучения в онкологии: о возможности торможения злокачественного митоза // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2020. Т. 5. № 4. С. 680–688.
Avakyan S.V., Baranova L.A. Microwave radiations in oncology: about possibility of inhibition of malignant mitosis // Russ. J. Biol. Phys. and Chem. 2020, vol. 5, no. 4, pp. 680–688 (In Russ.)
 16. *Авакян С.В., Баранова Л.А.* Энергетика реликтового микроволнового излучения Вселенной в проблеме космических перелётов // Доклады НАН Республики Армения. 2023. Т. 123. № 1. С. 40–47.
Avakyan S.V., Baranova L.A. Energetics of the relict microwave radiation of the Universe in the problems of space flights // Reports of the National Academy of Science of Armenia. 2023, vol. 123, no. 1, pp. 40–47. DOI: 10.54503/0321-1339-2023.123.1-40 (In Russ.)
 17. *Авакян С.В.* Супрамолекулярная физика окружающей среды: климатические и биофизические эффекты // Вестник РАН. 2017. № 5. С. 458–466.
Avakyan S.V. Environmental supramolecular physics: climatic and biophysical effects // Herald of the RAS. 2017, vol. 87, no. 2, pp. 276–283. DOI: 10.1134/S1019331617030017.(10.7868/S086958731705005X) (In Russ.)
 18. *Авакян С.В.* Столкновения ридберговски возбуждённых нейтралей в ионосфере и микроволновое излучение // Оптический журнал. 2006. Т. 73. № 4. С. 102–104.
Avakyan S.V. Collisions of Rydberg-excited neutrals in the ionosphere and microwave radiation // J. Opt. Technol. 2006, vol. 73, no. 2, pp. 302–303. DOI: 10.9762/2006/040302-02 (In Russ.)
 19. *Takayanagi K.* Collision processes involving highly-excited atoms // Comments Atom. Molec. Phys. 1977, no. 6, pp. 177–188.
 20. *Forsyth P.A., Petrie W., Currie B.W.* On the origin of ten-centimeter radiation from the polar aurora // Canad. J. Res. 1950, vol. 28, no. A3, pp. 324–335.
 21. *Кардашев Н.С.* О возможности обнаружения линий атомарного водорода в радиодиапазоне // Астрон. ж. 1959. Т. 36. № 5. С. 838–844.
Kardashev N.S. On the possibility of detecting atomic hydrogen lines in the radio range // Astron. J. 1959, vol. 36, no. 5, pp. 838–844. (In Russ.)

22. *Сороченко Р.Л., Гордон М.А.* Рекомбинационные радиолиты. Физика и астрономия. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
Sorochenko R.L., Gordon M.A. Recombination radio lines. Physics and Astronomy. Moscow: FIZMATLIT, 2003. (In Russ.)
23. *Freund R.S.* The molecules in high Rydberg states // In: Rydberg states of atoms and molecules / Eds. R.F. Stebbings and F.V. Dunning. Cambridge: Cambridge Un. Press, 1983. Pp. 352–392.
24. *Dabrowski I., Herzberg G.* The electronic emission spectrum of triatomic hydrogen // Can. J. Phys. 1980, vol. 58, no. 8, pp. 1238–1249.
25. *Gallas J.A.C., Leuchs G., Wallher H., Figger H.* Rydberg atoms: high-resolution spectroscopy and radiation interaction-Rydberg molecules // Adv. At. Mol. Phys. 1985, vol. 20, pp. 413–466.
26. *Макеев В.М.* Стохастический резонанс и его роль в живой природе // Биофизика. 1993. Т. 38. № 1. С. 194–201.
Makeev V.M. Stochastic resonance and its possible role in living nature // Biophysics. 1993, vol. 38, no. 1, pp. 194–201 (In Russ.)
27. *Стожаров А.Н.* Медицинская экология. Учебное пособие. Минск: Виша школа, 2007.
Stozharov A.N. Medical ecology: A tutorial. Minsk: Vyss. Shkola, 2007. (In Russ.)
28. *Голицын Г.С.* Путь в науке об окружающем мире // Вестник РАН. 2021. Т. 91. № 1. С. 69–81.
Golitsyn G.S. The Road in Environmental Science // Herald of the RAS. 2021, vol. 91, no. 1, pp. 1–12. DOI: 31857|S086958732/010047 (In Russ.)
29. *Голицын Г.С.* Работа А.Н. Колмогорова 1934 г. – основа для объяснения статистики природных явлений макромира // УФН. 2024. Т. 194. № 1. Р. 86–96. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2023.05.039355>
Golitsyn G.S. A.N.Kolmogorov's 1934 paper is the basis for explaining the statistics of natural phenomena of macrocosm // Uspekhi Fizicheskikh Nauk. 2024, vol. 194, no. 1, pp. 86–94. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNe.2023.05.039355> (In Russ.)
30. *Carpenter D.O.* The report in Yerevan, in connection with the 100-th anniversary of Academician V.A. Ambartsumian. Yerevan, 2008.
31. *Pri B., Carpenter D.O.* Causes of Cancer // European J. Cancer. 2020, vol. 124, pp. 214–216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2019.08.036>
32. *Дейчман А.М.* Генетический код: от потоков элементарных частиц (фотонов, др.) – к формированию геномов и генетического кода. В контексте гипотетического механизма биосинтеза олигонуклеотидов вне генома. <http://izd-mn.com/PDF/20MNNPM17.pdf>
Deichman A.M. Genetic code: from flows of elementary particles (photons, others) – to the formation of genomes and genetic code. In the context of a hypothetical mechanism of oligonucleotide biosynthesis outside the genome. <http://izd-mn.com/PDF/20MNNPM17.pdf> (In Russ.)
33. *Авакян С.В., Баранова Л.А.* Микроволновые излучения в проблеме современных вирусных заболеваний // Вестник РАН. 2022. Т. 92. № 4. С. 372–383.
Avakyan S.V., Baranova L.A. Microwave radiations in the problem of modern viral disease // Herald of the RAS. 2022, vol. 92, no. 2, pp. 177–187. DOI:10.1134/S1019331622020058 (In Russ.)
34. *Авакян С.В., Баранова Л.А.* Микроволновые излучения окружающей среды: о возможности ингибирования злокачественной митозы // J. of Clinic. Images and Medical Case Reports. 2022, 7820/2013. DOI: www.doi.org/10.52768/2766-7820/2013
35. *Авакян С.В., Болгарцева М.П., Ефремов А.И. и др.* Потоки электронов во время магнитной бури 14–15 декабря 1970 г. По данным спутника “Космос-381” // Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца. Вып. 32. Иркутск: СибИЗМИР, 1974. С. 158–161.
Avakyan S.V., Bolgartseva M.P., Efremov A.I. et al. Electron fluxes during the magnetic storm of December 14–15, 1970, according to the data of the satellite “Cosmos-381” // Studies in geomagnetism, aeronomy and solar physics. Is. 32. Irkutsk: SibIZMIRAN, 1974. Pp. 158–161. (In Russ.)
36. *Авакян С.В., Вдовин А.И., Пустарнаков В.Ф.* Ионизирующие и проникающие излучения в околоземном космическом пространстве. Справочник. СПб.: Гидрометеиздат, 1994.
Avakyan S.V., Vdovin A.I., Pustarnakov V.F. Near-Earth space ionization and penetration radiations. Handbook. SPb.: Gidrometeoizdat, 1994. (In Russ.)
37. *Авакян С.В.* Исследования гелиогеофизических возмущений в ночных условиях с пилотируемых космических кораблей // Оптический журнал. 1997. Т. 64. № 1. С. 60–66.
Avakyan S.V. Investigations of heliogeophysical disturbances under nocturnal conductions from manned spacecraft // J. Opt. Technol. 1997, vol. 64, no. 10, pp. 940–945. DOI: 1070-9762/97/100940-06 (In Russ.)
38. *Орбели Л.А.* Основные задачи и методы эволюционной физиологии. Избранные труды: Т.1. Вопросы эволюционной физиологии. М.–Л.: Изд. АН СССР, 1961. С. 59–68.
Orbeli L.A. Principal tasks and methods of the evolutionary physiology. The elect transactions. V. 1. Matters of the evolution physiology. Moscow–Leningrad: Publ. House of the Acad. Sci. of the USSR, 1961. P. 59–68 (In Russ.)
39. *Авакян С.В., Баранова Л.А.* Влияние электромагнитного излучения окружающей среды на ассоциатообразование в водных растворах // Биофизика. 2019. Т. 64. № 1. С. 12–20.

- Avakyan S.V., Baranova L.A.* The influence of environmental electromagnetic radiation on associate formation in aqueous solutions // *Biophysics*. 2019, vol. 64, no. 1, pp. 7–13. DOI: 10.1134/S0006350919010020 (In Russ.)
40. *Сент-Дьёрдьи А.* Введение в субмолекулярную биологию. М.: Наука, 1964.
Szent-Györgyi A. Introduction to a molecular biology. N.Y.–L.: Academic Press Inc., 1960.
41. *Баблюанц А.* Молекулы, динамика и жизнь. Введение в самоорганизацию материи. М.: Мир, 1990.
Babloyantz A. Molecules, dynamics, and life. An introduction to self-organization of matter. N.-Y.: John Wiley & Sons, 1986.
42. *Усотский В.И., Корнилова А.А., Смירнов И.В.* Applied biophysics of activated water: the physical properties, biological effects and medical applications of MRET activated water. Singapore: World Sci. Publishers, 2009.
43. *Smirnov I.* The effect of low intensity electromagnetic field on water molecular structure and its medical application // In: Abstracts of the Third Int. Conf. “Physics for Life Sciences”, October 14–18, 2019. SPb.: Ioffe Institute, 2019. P. 113.
44. *Steed J.W., Atwood J.L.* Supramolecular Chemistry. Second edition. Chichester: J. Wiley & Sons Ltd., 2006.
45. *Agre P.K.* Aquaporin water channels [Nobel Lecture] // *Angew Chem. Int. Ed. Engl.* 2004, vol. 43, p. 4278.
46. *Мамалыга М.Л.* Кардиocereбральные нарушения и внутриклеточные изменения в ЦНС при судорожной активности и её лечение. М.: Прометей, 2016.
Mamalyga M.L., Cardiocerebral disorders and intracellular changes in the central nervous system during seizure activity and its treatment therapy. M.: Prometheus, 2016. (In Russ.)
47. *Бинги В.Н.* Принципы электромагнитной биофизики. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.
Binhi V.N. The principles of electromagnetic biophysics. M.: Fizmatlit, 2011. (In Russ.)
48. *Мовсесянц С.А., Кайданова Е.А.* Адаптивное регулирование как метод активного управления патологической биоэлектрической активностью мозга при эпилепсии. Теорет. основы патологических состояний. Л.: ИЭМ, 1980. С. 155–160.
Movsesyants S.A., Kaydanova E.A. Adaptive regulation as a method of active control of pathological bioelectric activity of the brain in epilepsy. Theoret. fundamentals of pathological conditions. L.: Inst. Experimental Medic., 1980. Pp. 155–160. (In Russ.)
49. *Сороко С.И., Бекшаев С.С., Сидоров Ю.А.* Основные типы механизмов саморегуляции мозга. Л.: Наука, 1990.
Soroko S.I., Bekshaev S.S., Sidorov Yu.A. Basic types of brain self-regulation mechanisms. L.: Nauka, 1990. (In Russ.)
50. *Lehn J.-M.* Supramolecular chemistry. Concepts and Perspectives. Weinheim, New-York, Basel, Cambridge, Tokio: VCH Verlagsgesellschaft mbH, 1995.
51. *Lehn J.-M.* Cryptate inclusion complexes, effects on solute-solute and solute-solvent interactions and on ionic reactivity // *Pure and Applied Chemistry*. 1980, vol. 52, no. 10, pp. 2303–2319. Comment, p. 2310.
52. *Lehn J.-M.* Towards complex matter: Chemistry? Chemistry! // *Science and Society. Nanostructures: Physics and technology*. June 26, 2015. Ninth St. Petersburg Nobel Prize Laureates Meeting, St. Petersburg Scientific Forum, Acad. Un., Assembly Hall. 2015. P. 280.
53. *Haroshe S., Raimond J.M.* Radiative properties of Rydberg states in resonant cavities // *Adv. Atom. Molec. Phys.* 1985, vol. 20, pp. 347–411.
54. *Haroshe S., Raimond J.M.* Exploring the quantum. Atoms, cavities, and photons. N.-Y.: Oxford Un. Press, 2006.
55. *Гуляев Ю.В.* Физические поля и излучение человека: новые методы медицинской диагностики // *Наука и культура: избранные лекции*. СПб.: БАН, 2009. С. 171–207.
Gulyaev Yu.V. Physical fields and human radiation: new methods of medical diagnostics // *Science and Culture: selected lectures*. SPb.: Biblioteka of RAS, 2009. Pp. 171–207. (In Russ.)
56. *Егикян А.Г.* Об облучении пыли в молекулярных облаках. 1. УФ дозы // *Астрофизика*. 2009. № 52 (2). С. 311–324.
Egikyan A.G. On dust irradiation in molecular clouds. 1. UV doses // *Astrophysics*. 2009, no. 52 (2), pp. 311–324. (In Russ.)
57. *Gatland K.* The illustrated Encyclopedia “Space Technology. A comprehensive history of space exploration”. London: Salamander Books LTD, 1982.
58. *Важенин Н.А., Обухов В.А., Плохих А.П., Попов Г.А.* Электрические ракетные двигатели космических аппаратов и их влияние на радиосистемы космической связи. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.
Vazhenin N.A., Obukhov V.A., Plokhikh A.P., Popov G.A. Electric rocket engines of spacecraft and their influence on space communication radio systems. Moscow: FIZMATLIT, 2013. (In Russ.)
59. *Ельашевич М.А.* Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Физматгиз, 1961.
Elyashevich M.A. Atomic and Molecular Spectroscopy. M.: Physmatgiz, 1961. (In Russ.)
60. *Avakyan S.V., Baranova L.A.* How does the geocosmos control the viruses in biosphere: DNA, ionospheric microwaves and water // *Austin J. Infect. Dis.*

2023. 10(1): 1077. DOI: <https://doi.org/10.26420/AustinJInfectDis2023,1077>.
61. *Robin M.B.* Higher excited states of polyatomic molecules III. N.Y.–L.: Acad. Press, 1985.
 62. *Robin M.B.* Higher excited states of polyatomic molecules I. N.Y.–L.: Acad. Press, 1974.
 63. *Eigen M., De Maeyer L.* Self-dissociation and protonic charge transport in water and ice // Proc. of the Royal Soc. Ser. Mathem. and Phys. Sci. 1958, vol. 247, no. 1251, pp. 505–533.
 64. *Eigen M., Schuster P.* The HYPERCYCLE. A principle of natural self-organization. N.Y., Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1979.
 65. *Gurwitsch A.G., Gurwitsch L.D.* Peculiarities of chain reactions and common energy levels in living systems // Acta phys.chim.1942, vol. 16, p. 288.
 66. *Троицкий В.С., Стародубцев А.М., Бондарь Л.Н. и др.* Поиск спорадического радиоизлучения из космоса на сантиметровых и дециметровых волнах // Изв. вузов. Радиофизика. 1973. Т. 16. № 3. С. 323–341.
Troitskii V.S., Starodubtsev A.M., Bondar' L.N. et al. Search for sporadic radio emission from cosmic space at centimetres and decimetres wavelengths // Radiophys. Quant. Electron. 1973, vol. 16, pp. 239–252. (In Russ.)
 67. *Авакян С.В., Воронин Н.А.* Возможные механизмы влияния гелиогеофизической активности на биосферу и погоду // Оптический журнал. 2006. Т. 73. № 4. С. 78–83.
Avakyan S.V., Voronin N.A. Possible mechanism for the influence of heliogeophysical activity on the biosphere and the weather // J. Opt. Technol. 2006, vol. 73, no. 4, pp. 281–285. DOI: 1070-9762/2006/040281-05 (In Russ.)
 68. *Avakyan S.V., Baranova L.A.* The influence of microwave radiation from the geocosmos on the state of a living organism // IOP Conf.Ser.: Earth Environ. Sci. 2021, 853, 012003.
 69. *Гапонов В.А., Железняков А.Б.* Станция “Мир”: от триумфа до... СПб.: Система, 2007.
Гапонов В.А., Железняков А.Б. Station “Mir”: from triumph to... St. Petersburg: System, 2007.
 70. *Авакян С.В., Воронин Н.А.* Роль космических и ионосферных возмущений в глобальных климатических изменениях и коррозии трубопроводов // Исследование Земли из космоса. 2011. № 3. С. 14–29.
Avakyan S.V., Voronin N.A. The role of space and ionospheric disturbances in global climate change and pipeline corrosion // Research of the Earth from Space. 2011, no. 3, pp. 14–29. (In Russ.)
 71. *Avakyan S.V., Voronin N.A.* The role of cosmic and ionospheric disturbances in global climatic changes and pipeline corrosion // Izvestia. Atmospheric and oceanic physics. 2011, vol. 47, no. 9, pp. 1141–1158. DOI: 10.1134/S0001433811090027
 72. *Дубина М.В.* Нанотехнологии в медицине будущего // С-Петербургский научный форум “Наука и общество. Наноструктуры: физика и технологии”. 22–26 июня 2015 г. СПб., 2015. С. 207.
 73. *Dubina M.V.* Nanobiotechnologies in medicine of future // St.Petersburg Scientific Forum “Science and Society. Nanostructures: Physics and technology”. June 22–26, 2015. St. Petersburg, 2015. P. 272.

THIRTY ANNIVERSARY OF TAKING RYDBERG EXCITATION INTO ACCOUNT IN MICROWAVE ENERGY OF THE ENVIRONMENT, SPACE AND MEDICINE

L.A. Baranova^{a,*}, S.V. Avakyan^{b,}**

^a*A.F. Ioffe Physical-Technical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia*

^b*All-Russian Scientific Center “S.I. Vavilov State Optical Institute”,
St. Petersburg, Russia*

*E-mail: l.baranova@mail.ioffe.ru

**E-mail: svaNANRA@yandex.ru

The results obtained over 30 years of research are presented, involving for the first time highly excited – Rydberg – levels of atoms and molecules, the transitions between which lie in the microwave range. An original approach to microwave energy in cosmological problems is described, taking into account the role of relict radiation. A previously unknown channel of the constant influence of space weather factors on terrestrial processes and the state of the human body has been discovered within the framework of the physics of solar-terrestrial relations. Possible explanations are proposed for the periodically observed temporal non-repeatability of a number of known biophysical experiments, as well as a fully justified forecast of the attenuation of the COVID-19 pandemic by analogy with the influenza virus. Exogenous effects in medical biophysics are studied in accordance with the principles of Academician L.A. Orbeli:

“The organism and the environment are something inseparable and are in unity and interaction”, which corresponds to the general philosophical scientific approach to the unity of all natural processes within the framework of the similarity theory developed by Academician G.S. Golitsyn. On this basis, physical mechanisms for solving current biomedical problems and the possible use in cosmonautics of a virtually unlimited reservoir of equilibrium thermal (relict) radiation in the Universe at its absolute maximum – in the microwave range – are proposed.

Keywords: microwave radiation of the Earth’s ionosphere, relict radiation, anthropogenic microwave flows, Rydberg states, supramolecule associates, induced microwave radiation, astrophysics and interstellar flights.

ЦЕЛИАКИЯ: ВНЕКИШЕЧНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ И СОПУТСТВУЮЩИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

© 2025 г. Е.А. Сабельникова^{a,b,*}, С.В. Быкова^{a,**}, Д.А. Дегтерёв^{a,***}

^aМосковский клинический научно-практический центр имени А.С. Логинова Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

^bРоссийский университет медицины Минздрава России, Москва, Россия

*E-mail: sabelnikova_e_a@mail.ru

**E-mail: dr.s.bykova@yandex.ru

***E-mail: daniil_degterev@mail.ru

Поступила в редакцию 12.03.2025 г.

После доработки 14.04.2025 г.

Принята к публикации 07.07.2025 г.

Целиакия – это системное аутоиммунное заболевание, вызванное потреблением глютена, которое характеризуется не только поражением тонкой кишки, но и широким спектром внекишечных проявлений. В статье рассмотрены основные внекишечные проявления и сопутствующие аутоиммунные заболевания, такие как железодефицитная анемия, неврологические нарушения, дерматологические и эндокринологические заболевания, репродуктивные нарушения (бесплодие, невынашивание) и заболевания печени.

Ключевые слова: целиакия, группы риска, аутоиммунные заболевания.

DOI: 10.7868/S3034520025090099

Глютенчувствительная целиакия (ГЦ) – это генетически детерминированная аутоиммунная энтеропатия, вызываемая употреблением глютена и характеризующаяся атрофией слизистой оболочки тонкой кишки (СОТК) и появлением специфических антител к тканевой трансглутаминазе, эндомизией и др.

Трансглутаминаза 2, или тканевая трансглутаминаза (тТГ), входит в семейство трансглутаминаз, состоящее из 8 известных к настоящему времени ферментов. Трансглутаминаза 2 типа играет центральную роль в патогенезе ГЦ и модулирует аутоиммунное воспаление в кишке.

Другие типы трансглутаминаз функционируют в других органах и тканях, влияя на многообразие внекишечных проявлений ГЦ. Например, трансглутаминаза 3 ассоциирована с развитием герпетиформного дерматита Дюринга, трансглутаминаза 6 – с поражением нервной системы.

Лежащее в основе патогенеза целиакии аутоиммунное воспаление объясняет сочетание этого заболевания с такими патологиями, как сахарный диабет I типа, аутоиммунный тиреоидит, аутоиммунный гепатит, воспалительные заболевания кишечника, ревматоидный артрит, рассеянный склероз, кото-



САБЕЛЬНИКОВА Елена Анатольевна – доктор медицинских наук, заместитель директора по науке МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней и гастроэнтерологии Российского университета медицины им. А.И. Евдокимова МЗ России. БЫКОВА Светлана Владимировна – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии кишечника МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. ДЕГТЕРЁВ Даниил Александрович – кандидат медицинских наук, заведующий отделением неврологии МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ.

рые также имеют аутоиммунное происхождение [1]. Если раньше считалось, что целиакия является заболеванием раннего детского возраста с классическим набором клинических симптомов, таких как диарея, задержка роста и развития, то в настоящее время известно, что заболевание чаще диагностируется во взрослом возрасте и характеризуется многообразием внекишечных проявлений и наличием аутоиммунных поражений [2–4].

Учитывая широкий спектр клинических симптомов, своевременная диагностика целиакии остаётся сложной задачей. В статье представлены данные об основных группах риска, внекишечных проявлениях и вариантах сочетания целиакии с аутоиммунными заболеваниями.

Железодефицитная анемия и целиакия. Железодефицитная анемия (ЖДА) — одно из наиболее частых заболеваний, с которым сталкиваются врачи общей практики, педиатры, гастроэнтерологи и другие специалисты. Среди взрослого населения её распространённость составляет менее 1% у мужчин в возрасте <50 лет, 2–4% у мужчин в возрасте >50 лет, 9–20% у молодых женщин и 5–7% у женщин в постменопаузе [5]. Усвоение железа происходит в основном в проксимальном отделе двенадцатиперстной кишки, в котором при целиакии обнаруживается атрофия, что приводит к снижению всасывания железа и развитию ЖДА. Наиболее частым и единственным внекишечным проявлением целиакии является именно железодефицитная анемия с распространённостью от 12 до 82% (по разным сообщениям) у пациентов с впервые установленным диагнозом целиакии [6, 7].

Так, по данным Kochhar R. и соавт. [8] установлено, что у 39% из 434 пациентов с целиакией анемия была единственным симптомом заболевания. В многоцентровом исследовании, включавшем 1026 итальянских пациентов с субклинической/бессимптомной целиакией, наиболее частым проявлением была ЖДА (около 39%), выявленная у 46% взрослых и 35% детей [9]. С другой стороны, обнаружена обратная связь между выявлением целиакии у больных с ЖДА. В недавнем систематическом метаанализе проанализировано 18 исследований, включающих 2998 пациентов (взрослых и детей) с ЖДА, среди которых у 3.2–5.5% пациентов выявлена целиакия [10]. Сообщается о распространённости целиакии от 2.9 до 6% у пациентов с ЖДА, которая увеличивалась до 10–15% у пациентов с ЖДА и сопутствующими желудочно-кишечными симптомами [11].

Поскольку у пациентов с ЖДА, особенно при наличии рефрактерной формы¹, риск развития целиакии выше, чем у населения в целом, таких пациентов настоятельно рекомендуют обследо-

вать для выявления целиакии. Этим рекомендаций придерживаются как Европейские и Американские научные сообщества, так и авторы Всероссийского консенсуса по диагностике и лечению целиакии. Однако в клинической практике данные рекомендации часто не соблюдают. Обнаружено, что гематологи редко проводят скрининг на целиакию при первичном обследовании пациентов с ЖДА [12], что свидетельствует о низкой осведомлённости врачей-гематологов в данной области.

Неврологические нарушения. По данным литературы, частота неврологических расстройств при глютенчувствительной целиакии варьируется от 6 до 22.5%, в некоторых исследованиях достигая 42% у нелеченных больных [13]. Первые сообщения о неврологических осложнениях при целиакии появились в начале XX в. и описывались как случаи “периферического неврита” у пациентов, страдающих “спру”², либо сочетание синдрома мальабсорбции с атаксией (нарушение координации движений и неустойчивость во время ходьбы) и нарушением чувствительности в конечностях. В настоящее время одной из самых частых ассоциаций целиакии с неврологическими заболеваниями является периферическая невропатия, связанная с потреблением глютена — так называемая глютен-индуцированная невропатия [14].

Глютен-индуцированная невропатия может проявляться как до, так и после постановки диагноза целиакии, но может быть и единственным проявлением заболевания. В крупном популяционном исследовании (n=28 232) установлена повышенная частота выявления периферической невропатии среди пациентов с ГЦ (ОР = 5.4, 95% ДИ 3.6–8.2³) [15]. Считается, что риск развития периферической невропатии при ГЦ в 2.5–3.0 раза выше по сравнению с популяцией в целом [12].

Глютен-индуцированные невропатии протекают с поражением как толстых миелинизированных, так и слабо миелинизированных волокон в виде симметричной сенсомоторной и чисто сенсорной полиневропатии, тонковолоконной невропатии, множественной моторной невропатии, а также в виде ганглиопатии/нейронопатии. К типичным клиническим проявлениям глютен-индуцированной полиневропатии относятся симметричное снижение болевой чувствительности в дистальных отделах конечностей с болевыми ощущениями и парестезиями, усиливающимися в ночное время; снижение мышечной силы в дистальных отделах конечностей. При тонковолоконных невропатиях отмечается снижение чувствительности с выраженным болевым синдромом без двигательного дефицита. При

¹ Железорефрактерная железодефицитная анемия (iron-refractory iron deficiency anemia, МКБ-10: D50.8) — редкая наследственная форма анемии, обусловленная нарушением обмена железа из-за мутаций в гене TMPRSS6.

² Спру — тяжёлое заболевание тонкого кишечника, для которого характерен прогрессирующий хронический энтерит и мальабсорбция.

³ ОР — относительный риск, ДИ — доверительный интервал.

поражении сенсорных ганглиев (ганглиопатия/нейронопатия) появляются изолированные и асимметричные чувствительные нарушения, которые сопровождаются тремором и атаксией. Глютен-индуцированная нейропатия значительно снижает качество жизни пациентов с ГЦ [16].

Предполагаемый механизм воздействия глютена на периферическую нервную систему может быть обусловлен молекулярной мимикрией между ганглиозидами и липидами, входящими в структуру клеток центральной и периферической нервной системы. По данным исследований, у пациентов с глютен-индуцированной нейропатией могут выявляться антиганглиозидные антитела в сыворотке крови.

Лечение глютен-индуцированной нейропатии предполагает обязательное соблюдение аглютенной диеты (АГД). Однако улучшение состояния не всегда достигается даже при соблюдении строгой АГД, что может указывать на значимость таких факторов, как длительность и характер воспалительного процесса, наличие глютен-специфических антител и др. [13].

Другая распространённая форма поражения нервной системы при глютен-индуцированной целиакии — глютенная атаксия. Обычно она развивается у взрослых среднего возраста и характеризуется в первую очередь неустойчивостью за счёт туловищной атаксии. На поздних стадиях присоединяются выраженные координаторные нарушения в конечностях, дизартрия⁴, грубый крупноразмашастый нистагм⁵ и другие глазодвигательные расстройства. Как и у пациентов с глютен-индуцированной нейропатией, связь глютенной атаксии с наличием клинических проявлений ГЦ неочевидна. Анализ крови на глютен-специфические антитела может помочь заподозрить глютенную атаксию при неустойчивости походки неуточнённого характера. Доказано, что в мозжечке пациентов с глютенной атаксией наблюдаются отложения комплекса антиген–антитело к тканевой трансглутаминазе 6 типа, что обуславливает перекрёстную реактивность антител к клеткам Пуркинье и другим клеткам мозжечка. Эти антитела были обнаружены у 73% людей с глютенной атаксией (из которых 51% страдал энтеропатией). Применение аглютенной диеты снижает титр глютен-специфических антител, но может оказаться неэффективным на поздних стадиях глютенной атаксии, что требует применения иммуносупрессивной терапии.

Одно из неврологических проявлений у пациентов с ГЦ — эпизодическая или хроническая

⁴ Дизартрия — нарушение произносительной стороны речи вследствие нарушения иннервации речевого аппарата, возникающее в результате поражения нервной системы.

⁵ Нистагм — произвольные ритмичные колебательные движения глаз высокой частоты (до нескольких сотен в минуту). Различают физиологический и патологический нистагм.

головная боль. Частота головной боли у больных ГЦ составляет 26%, что несколько выше, чем в общей популяции [17]. Головные боли, особенно мигрени, могут быть одним из первых проявлений ГЦ, причём они бывают более интенсивными, чем при другой патологии, что заставляет таких пациентов обращаться к неврологу [18, 19]. Также имеются сведения об уменьшении как частоты, так и интенсивности головных болей под влиянием АГД, особенно у детей [20].

В литературе мало исследований, посвящённых вызванным глютеном когнитивным нарушениям при целиакии, но небольшое когортное исследование показало объективный незначительный дефицит кратковременной памяти, скорости обработки данных и зрительно-пространственной памяти при постановке диагноза, который улучшился после одного года строгого соблюдения аглютенной диеты [21]. Когнитивное улучшение достоверно коррелирует со степенью атрофии слизистой оболочки тонкой кишки. Механизмы когнитивных нарушений, вызванных глютеном, как предполагается, связаны с циркулирующими провоспалительными цитокинами, которые могут действовать непосредственно на нейроны [21] или влиять на проницаемость гематоэнцефалического барьера, усиливая воспаление за счёт усиления миграции лейкоцитов. Другие гипотезы включают снижение концентрации триптофана в мозге, приводящее к дефициту серотонина, эффекты экзорфинов (которые являются опиоидными пептидами, полученными из частично переваренного глютена) и изменения микробиома [22].

Эндокринологические проявления. Аутоиммунные эндокринные нарушения (сахарный диабет I типа, заболевания щитовидной железы, болезнь Аддисона) являются состояниями, связанными с глютенчувствительной целиакией вследствие общей генетической предрасположенности [1–4].

Связь ГЦ с эндокринными болезнями, в частности с сахарным диабетом I типа, замечена более 45 лет назад. Распространённость эндокринных заболеваний среди больных ГЦ выше, чем в общей популяции, и колеблется, по данным разных авторов, в пределах от 3.3 до 11.1%. В исследовании [23] при обследовании 539 больных у 11.5% (n=62) выявлены положительные серологические маркеры целиакии, гистопатологическое подтверждение целиакии проведено у 37% (n=23) больных из группы с положительным серологическим тестом. В этой группе при морфологическом исследовании у 43% (n=10) была выявлена нормальная структура слизистой оболочки тонкой кишки, у 21.7% (n=5) — частичная атрофия ворсинок слизистой оболочки и у 34.7% (n=8) полная атрофия ворсинок. Это исследование подчёркивает важность скрининга целиакии у пациентов с сахарным диабетом I типа, учитывая высокую распространённость целиакии у этой группы больных.

Есть данные, что в ткани щитовидной железы приматов обнаружены отложения антител к тканевой трансглутаминазе (АТ тТГ) 2 типа. Также получена корреляция между титрами антител к тТГ IgA и ГПО у лиц с целиакией, предполагается, что тканевая трансглутаминازа может играть роль в развитии аутоиммунного тиреоидита среди пациентов с ГЦ.

Осведомлённость врачей-эндокринологов о латентном течении целиакии и способах её диагностики позволяет на ранней стадии выявлять ГЦ в группах риска, то есть среди больных с сахарным диабетом I типа. При строгом пожизненном соблюдении аглютенной диеты возможно более мягкое течение сахарного диабета I типа. В исследовании [24] проведён поиск по базам данных PubMed, Google Scholar, Web of Science и Cochrane Central и проанализированы отчёты с 1969 по 2022 г., в которых основное внимание уделялось взаимосвязи целиакии и сахарного диабета и изучалось влияние аглютенной диеты на гликемический контроль и качество жизни. Получены данные, что диетотерапия при целиакии и сахарном диабете может уменьшить целевой уровень HbA1, а также снизить частоту микро- и макрососудистых осложнений. Обнаружено также, что соблюдение диеты молодыми пациентами с сахарным диабетом первого типа и целиакией позволяет стабилизировать индекс массы тела без какого-либо отрицательного влияния на уровень гликозилированного гемоглобина (HbA1c) или потребность в инсулине. Кроме того, отмечено положительное влияние аглютенной диеты на липидный профиль пациентов и качество их жизни [24].

Репродуктивные нарушения у больных целиакией. Ранее считалось, что нарушения функции репродуктивной системы у больных целиакией особенно часто встречаются у пациентов с выраженными нарушениями всасывания и потерей веса. Вместе с тем ГЦ может быть причиной задержки менархе на два года и более в детском возрасте. Аменорея также является частым осложнением нелеченных больных с ГЦ. Менопауза у нелеченных женщин с ГЦ развивается в более раннем возрасте, чем в общей популяции. Считается, что функциональный гипопитуитаризм⁶, связанный с недостаточностью питания, может снижать уровень гонадотропинов и половых гормонов; в то же время циркулирующие пептиды глютена также могут оказывать прямое иммунологическое влияние на гипоталамо-гипофизарно-гонадную ось и влиять на выработку гормонов.

Нелеченная целиакия связана с повторным выкидышем и невынашиванием беременности [25]. В основе этих процессов лежат механизмы, свя-

занные с недостаточным питанием, дефицитом цинка и селена, что оказывает пагубное влияние на секрецию гонадотропинов, приводя к самопроизвольному аборт. Кроме того, поскольку трансглутаминазы активны в тканях плаценты и эндометрия, антитела к тканевой трансглутаминазе 2 могут нарушать имплантацию и развитие плаценты, что приводит к нарушениям прикрепления эмбриона и его роста. Имеются данные, что ГЦ чаще встречается у женщин с преждевременными родами в анамнезе и родившими детей с низкой массой тела при рождении [26].

Существует хорошо известная связь между необъяснимым бесплодием и целиакией. Первоначальные исследования показали, что распространённость бессимптомной ГЦ среди больных с необъяснимым бесплодием может составлять от 4 до 10.3%. Бесплодием страдают в основном женщины с нелеченной целиакией. В данном случае в дополнение к гормональному дисбалансу возникает дефицит питательных веществ, таких как железо, фолиевая кислота, цинк и селен. Однако бесплодие часто встречается и у женщин без какой-либо тяжёлой мальабсорбции или дефицита микроэлементов, что позволяет предположить, что иммунные механизмы также могут препятствовать имплантации трофобласта.

Проведённые более 30 лет назад исследования описывали гормональный дисбаланс у мужчин с целиакией и изменения в морфологии и подвижности сперматозоидов, но недавние эпидемиологические исследования такой связи не выявили.

Повышение осведомлённости гинекологов о целиакии позволит раньше устанавливать соответствующий диагноз благодаря активному обследованию женщин с нарушениями репродуктивной функции и снизить риск развития патологии беременности и невынашивания [27].

Дерматологические проявления. По данным разных авторов, у больных целиакией чаще встречаются такие дерматологические проявления, как экзема, псориаз, атопический дерматит и крапивница. Неспецифические высыпания также могут быть связаны с воздействием глютена [28]. Некоторые исследования показали, что аглютенная диета улучшает состояние кожи при ГЦ. Это может быть связано с лучшим усвоением витамина D₃ и повышением барьерной функции кишечника [29]. Некоторые авторы предположили, что атопический дерматит, псориаз или экзема могут быть единственными клиническими проявлениями ГЦ [29].

Остеопороз и целиакия. Снижение плотности костной ткани при постановке диагноза ГЦ обнаруживается с переменной частотой в диапазоне от 26 до 72% и может быть независимым от наличия симптомов. Недавний метаанализ проспективных исследований показал, что целиакия связана с 30%-ным повышенным риском любого перелома и 69%-ным повышен-

⁶ Гипопитуитаризм (гипоталамо-гипофизарная недостаточность) – заболевание, обусловленное отсутствием или снижением секреции гипоталамических нейрогормонов, одного или более гипофизарных гормонов.

ным риском перелома бедра. Факторы, связанные с остеопорозом на момент постановки диагноза ГЦ, оправдывающие более раннее сканирование DEXA (Dual-energy X-Ray-Absorptiometrie), включают мужской пол, возраст старше 45 лет, недостаточный вес и тяжёлое гистологическое повреждение слизистой оболочки тонкой кишки (Marsh IIIС).

Механизмы снижения плотности костной ткани при ГЦ связаны с нарушением мальабсорбции кальция и витамина D₃, что приводит к гиперпаратиреозу⁷, а общее истощение с низким индексом массы тела – к гипогонадизму⁸. По данным некоторых авторов, плотность костной ткани улучшается после одного года строгого соблюдения аглютенной диеты и может даже вернуться к норме после пяти или более лет диеты [30].

Остеомаляция – это снижение минерализации костной ткани, вызванное дефицитом витамина D. Недавний метаанализ показал среднюю частоту остеомаляции 18.3% (4.7–38.1%) у больных целиакией. Остеомаляция может протекать бессимптомно или вызывать боль в костях, мышечный спазм или болезненность мышц, переломы. Общие лабораторные данные в этих случаях показывают повышенный уровень щелочной фосфатазы, снижение кальция и фосфора в сыворотке крови, кальция в моче, значительное снижение эргокальциферола.

Известно, что основное влияние целиакии на минеральную плотность костной ткани связано с развитием вторичного гиперпаратиреоидизма в связи с мальабсорбцией кальция и витамина D₃, недостаток которых усугубляет дефицит ионов кальция в костях. В результате развивается остеопороз и остеомаляция [31]. У больных целиакией снижение минеральной плотности костной ткани происходит уже в детском возрасте, что приводит к более существенному и более раннему истощению костной массы [30]. Обнаружено, что у больных остеопорозом в 3.4% случаев выявлялась целиакия, по сравнению с 0.2% среди общей популяции [32], что требует углублённого обследования больных этой группы.

Заболевания печени и целиакия. Нарушение функции печени у больных целиакией наблюдается довольно часто. Почти у 50% из них встречается повреждение печени, для которого характерно отсутствие клинических признаков, гипертрансаминаземия и неспецифические гистологические изменения, обратимые при соблюдении диеты. Это так называемый

гепатит при целиакии (celiac hepatitis) [33]. Изолированное повышение печёночных трансаминаз встречается у 15–55% нелеченных больных целиакией; отсюда следует, что таких пациентов необходимо обследовать на целиакию.

Механизмы, лежащие в основе гипертрансаминаземии при целиакии, плохо изучены [34]. Известно, что проницаемость кишки, вызванная глютенем, выше у пациентов с ГЦ и гипертрансаминаземией, чем у пациентов с ГЦ и нормальными печёночными тестами. Было высказано предположение, что повышенная проницаемость кишечника может способствовать проникновению в портальную циркуляцию (а затем в печень) токсинов, микробных и других антигенов, цитокинов и/или других медиаторов повреждения печени [35]. С другой стороны, повреждение печени обычно не наблюдается при других болезнях кишечника, связанных с повышенной кишечной проницаемостью.

Необходимость в проведении биопсии печени при целиакии невелика. Имеющиеся морфологические данные свидетельствуют о лёгких и/или неспецифических гистологических изменениях: перипортальном воспалении, мононуклеарной инфильтрации паренхимы, стеатозе, закупорке желчных протоков, гиперплазии клеток Купфера. Обширный фиброз и цирроз печени у больных целиакией встречаются редко. В то же время у таких пациентов чаще возникают аутоиммунные поражения печени [36], которые реализуются в виде аутоиммунного гепатита (3–6%), реже наблюдается склерозирующий холангит (1.6–3%) или первичный билиарный цирроз (3–7%) [1–4]. Связь между этими заболеваниями может быть обусловлена общей генетической восприимчивостью и, возможно, уязвимостью как билиарного, так и тонкокишечного эпителия к иммуноопосредованному повреждению.

Наличие общих генетических маркеров (молекул HLA-DQ2) у больных целиакией обуславливает риск тяжёлого течения целиакии, а у пациентов с первичным склерозирующим холангитом – быстрое прогрессирование заболевания [37,38]. Сочетание двух серьёзных аутоиммунных заболеваний значительно ограничивает возможность их терапевтической коррекции и снижает качество жизни пациентов. Поэтому рекомендуется проводить диагностические исследования с целью выявления целиакии при любой патологии печени неустановленной этиологии, а также при аутоиммунных заболеваниях печени.

* * *

Таким образом, при наличии симптомов поражения желудочно-кишечного тракта, а также определённых внекишечных проявлений (железодефицитная анемия, поражения нервной системы, репродуктивные и эндокринологические наруше-

⁷ Гиперпаратиреоз – это эндокринное заболевание, развивающееся при чрезмерном количестве паратиреоидного гормона (паратгормона) в организме, который выделяется околощитовидными железами.

⁸ Гипогонадизм (мужской) – недостаточность яичек, сопровождающаяся снижением уровня половых гормонов и характерными клиническими проявлениями, обусловленная органической патологией яичек.

ния, остеопороз) практикующим врачам следует проводить углублённое обследование пациентов, имея в виду вероятность скрытого течения целиакии. Одна из составляющих своевременной точной диагностики — осведомлённость врача о клинических признаках ГЦ, внекишечных проявлениях, вариантах сочетания с сопутствующими аутоиммунными заболеваниями. Повышение уровня осведомлённости не только среди гастроэнтерологов, но и среди врачей других специальностей (эндокринологов, неврологов, гинекологов, ревматологов) с целью своевременной диагностики целиакии должно стать одной из приоритетных задач современного здравоохранения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rubio-Tapia A., Hill I.D., Semrad C. et al. American College of Gastroenterology Guidelines Update: Diagnosis and Management of Celiac Disease // *Am. J. Gastroenterol.* 2023. Jan. 1;118(1):59–76. DOI: 10.14309/ajg.0000000000002075
2. Husby S., Koletzko S., Korponay-Szabó I. et al. European Society Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition Guidelines for Diagnosing Coeliac Disease 2020 // *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 2020. Jan;70(1):141–156. DOI: 10.1097/MPG.0000000000002497. PMID: 31568151
3. Therrien A., Kelly C.P., Silvester J.A. Celiac Disease: Extraintestinal Manifestations and Associated Conditions // *J Clin Gastroenterol.* 2020, vol. 54, no. 1, pp. 8–21. DOI: 10.1097/MCG.0000000000001267
4. Парфёнов А.И., Быкова С.В., Сабельникова Е.А. и др. Всероссийский консенсус по диагностике и лечению целиакии у детей и взрослых // *Терапевтический архив.* 2017. № 89(3). С. 94–107.
Parfenov A.I., Bykova S.V., Sabelnikova E.A. et al. All-Russian consensus on the diagnosis and treatment of celiac disease in children and adults // *Therapeutic archive.* 2017, no. 89(3), pp. 94–107.
5. Talarico V., Giancotti L., Mazza G.A. et al. Iron Deficiency Anemia in Celiac Disease // *Nutrients.* 2021, May, 17;13(5):1695. DOI: 10.3390/nu13051695
6. Montoro-Huguet M.A., Santolaria-Piedrafita S., Cañamares-Orbis P., García-Erce J.A. Iron Deficiency in Celiac Disease: Prevalence, Health Impact, and Clinical Management // *Nutrients.* 2021, Sep., 28;13(10):3437. DOI: 10.3390/nu13103437
7. Mahadev S., Laszkowska M., Sundström J. et al. Prevalence of Celiac Disease in Patients With Iron Deficiency Anemia—A Systematic Review With Meta-analysis // *Gastroenterology.* 2018, Aug., 155(2):374–382. e1. DOI: 10.1053/j.gastro.2018.04.016
8. Kochhar R., Jain K., Thapa B.R. et al. Clinical presentation of celiac disease among pediatric compared to adolescent and adult patients // *Indian J. Gastroenterol.* 2012, 31:116–120. DOI: 10.1007/s12664-012-0198-9
9. Bottaro G., Cataldo F., Rotolo N. et al. The clinical pattern of subclinical/silent celiac disease: Analyses is on 1026 consecutive cases // *Am. J. Gastroenterol.* 1999, 94:691–696. DOI: 10.1016/S0002-9270(98)00819-3
10. Mahadev S., Laszkowska M., Sundström J. et al. Prevalence of Celiac Disease in Patients with Iron Deficiency Anemia – a Systematic Review with Meta-analysis // *Gastroenterology.* 2018, 155:374–382. DOI: 10.1053/j.gastro.2018.04.016
11. Dubé C., Rostom A., Sy R. et al. The prevalence of celiac disease in average-risk and at-risk Western European populations: A systematic review // *Gastroenterology.* 2005, 128:S57–S67. DOI: 10.1053/j.gastro.2005.02.014
12. Smukalla S., Lebwohl B., Mears J.G. et al. How Often Do Hematologists Consider Celiac Disease in Iron-Deficiency Anemia? Results of a National Survey // *Clin. Adv. Hematol. Oncol.* 2014, 12:100–105.
13. Chin R.L., Latov N., Green P.H. et al. Neurologic complications of celiac disease // *J. Clin. Neuromuscul Dis.* 2004, vol. 5, no. 3, pp. 129–137. PMID: 19078744.
14. Hadjivassiliou M., Croall I.D., Zis P. et al. Neurologic Deficits in Patients With Newly Diagnosed Celiac Disease Are Frequent and Linked With Autoantibodies to Transglutaminase 6 // *Clin. Gastroenterol. Hepatol.* 2019, vol. 17, no. 13, pp. 2678–2686. DOI: 10.1016/j.cgh.2019.03.014
15. Thawani S.P., Brannagan T.H. 3rd, Lebwohl B. et al. Risk of Neuropathy Among 28,232 Patients With Biopsy-Verified Celiac Disease // *JAMA Neurol.* 2015, vol. 72, no. 6, pp. 806–811. DOI: 10.1001/jamaneurol.2015.0475
16. Zis P., Sarrigiannis P.G., Rao D.G. et al. Quality of Life in Patients with Gluten Neuropathy: A Case-Controlled Study // *Nutrients.* 2018, vol. 10, no. 10, p. 1366. DOI: 10.3390/nu10101366
17. Dimitrova A.K., Ungaro R.C., Lebwohl B. et al. Prevalence of migraine in patients with celiac disease and inflammatory bowel disease // *Headache.* 2013, vol. 53, no. 2, pp. 344–355. DOI: 10.1111/j.1526-4610.2012.02260.x
18. Lebwohl B., Roy A., Alaedini A. et al. Risk of Headache-Related Healthcare Visits in Patients with Celiac Disease: A Population-Based Observational Study // *Headache.* 2016, vol. 56, no. 5, pp. 849–858. DOI: 10.1111/head.12806
19. Zis P., Julian T., Hadjivassiliou M. Headache Associated with Coeliac Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Nutrients.* 2018, vol. 10, no. 10, p. 1445. DOI: 10.3390/nu10101445
20. Jericho H., Sansotta N., Guandalini S. Extraintestinal Manifestations of Celiac Disease: Effectiveness of the Gluten-Free Diet // *J. Pediatr. Gastroenterol.*

- Nutr. 2017, vol. 65, no. 1, pp. 75–79. DOI: 10.1097/MPG.0000000000001420
21. *Lichtwark I.T., Newnham E.D., Robinson S.R. et al.* Cognitive impairment in coeliac disease improves on a gluten-free diet and correlates with histological and serological indices of disease severity // *Aliment Pharmacol. Ther.* 2014, vol. 40, no. 2, pp. 160–170. DOI: 10.1111/apt.12809
 22. *Yelland G.W.* Gluten-induced cognitive impairment (“brain fog”) in coeliac disease // *J. Gastroenterol. Hepatol.* 2017, vol. 32, suppl. 1, pp. 90–93. DOI: 10.1111/jgh.13706
 23. *Aljulifi M.Z., Mahzari M., Alkhalifa L. et al.* The prevalence of celiac disease in Saudi patients with type 1 diabetes mellitus // *Ann. Saudi Med.* 2021, Mar–Apr, 41(2):71–77. DOI: 10.5144/0256-4947.2021.71
 24. *Eland I., Klieverik L., Mansour A.A., Al-Toma A.* Gluten-Free Diet in Co-Existent Celiac Disease and Type 1 Diabetes Mellitus: Is It Detrimental or Beneficial to Glycemic Control, Vascular Complications, and Quality of Life? // *Nutrients.* 2022, Dec. 30;15(1):199. DOI: 10.3390/nu15010199
 25. *Tersigni C., Castellani R., de Waure C. et al.* Celiac disease and reproductive disorders: meta-analysis of epidemiologic associations and potential pathogenic mechanisms // *Hum. Reprod. Update.* 2014, Jul.–Aug.; 20(4):582–93. DOI: 10.1093/humupd/dmu007
 26. *Tersigni C., Castellani R., de Waure C. et al.* Celiac disease and reproductive disorders: meta-analysis of epidemiologic associations and potential pathogenic mechanisms // *Hum. Reprod. Update.* 2014, Jul.–Aug.; 20(4):582–93. DOI: 10.1093/humupd/dmu007
 27. *Быкова С.В., Сабельникова Е.А., Парфёнов А.И. и др.* Reproductive disorders in women with celiac disease. Effect of the etiotropic therapy // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* 2011. № 3. С. 12–8.
Bykova S.V., Sabelnikova E.A., Parfenov A.I., et al. Reproductive disorders in women with celiac disease. Effect of the etiotropic therapy // *Experimental and Clinical Gastroenterology.* 2011, no. 3, pp. 12–8.
 28. *Silvester J.A., Graff L.A., Rigaux L. et al.* Symptomatic suspected gluten exposure is common among patients with coeliac disease on a gluten-free diet // *Aliment Pharmacol Ther.*, 2016; 44:612.
 29. *Graziano M., Rossi M.* An update on the cutaneous manifestations of coeliac disease and non-coeliac gluten sensitivity // *Int. Rev. Immunol.* 2018:1–10.
 30. *Lungaro L., Manza F., Costanzini A. et al.* Osteoporosis and Celiac Disease: Updates and Hidden Pitfalls // *Nutrients.* 2023, vol. 15, no. 5, p. 1089. DOI: 10.3390/nu15051089
 31. *Абдулова Е.А., Дроздов В.Н., Парфёнов А.И.* Минеральная плотность костной ткани у больных целиакией и медикаментозная коррекция её нарушений // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* 2011. № 3. С. 78–83.
Abdulova E.A., Drozdov V.N., Parfenov A.I. Bone mineral density in patients with celiac disease and drug correction of its disorders // *Experimental and clinical gastroenterology.* 2011, no. 3, pp. 78–83.
 32. *Stenson W.F., Newberry R., Lorenz R. et al.* Increased Prevalence of Celiac Disease and Need for Routine Screening Among Patients With Osteoporosis // *Arch. Intern. Med.* 2005; 165:393–399. DOI: 10.1001/archinte.165.4.393
 33. *Hoffmanova I., Sanchez D., Tuckova L. et al.* Celiac Disease and Liver Disorders: From Putative Pathogenesis to Clinical Implications // *Nutrients.* 2018, vol. 10, no. 7, p. 892. DOI: 10.3390/nu10070892
 34. *Pelaez-Luna M., Schmulson M., Robles-Diaz G.* Intestinal involvement is not sufficient to explain hypertransaminasemia in celiac disease? // *Med. Hypotheses.* 2005, vol. 65, no. 5, pp. 937–941. DOI: 10.1016/j.mehy.2005.05.016
 35. *Rubio-Tapia A., Murray J.A.* The Liver and Celiac Disease // *Clin. Liver Dis.* 2019, vol. 23, no. 2, pp. 167–176. DOI: 10.1016/j.cld.2018.12.001
 36. Первичный склерозирующий холангит. Взгляд терапевта и хирурга / Под ред. И.Е. Хатькова, Е.В. Винницкой. М.: Литтерра, 2019.
Primary sclerosing cholangitis. A therapist’s and surgeon’s view / Edited by I.E. Khatkov, E.V. Vinnitskaya. Moscow: *Litterra*, 2019.
 37. *Boberg K.M., Spurkland A., Rocca G. et al.* The HLA-DR3,DQ2 heterozygous genotype is associated with an accelerated progression of primary sclerosing cholangitis // *Scand. J. Gastroenterol.* 2001, vol. 36, no. 8, pp. 886–890. DOI: 10.1080/003655201750313441
 38. *Murray J.A., Moore S.B., Van Dyke C.T. et al.* HLA DQ gene dosage and risk and severity of celiac disease // *Clin. Gastroenterol. Hepatol.* 2007, vol. 5, no. 12, pp. 1406–1412. DOI: 10.1016/j.cgh.2007.08.013

CELIAC DISEASE: EXTRAINTESTINAL MANIFESTATIONS AND CONCOMITANT DISEASES

E.A. Sabelnikova^{a,b,*}, S.V. Bykova^{a,}, D.A. Degtyarev^{a,***}**

^a*Moscow Clinical Scientific and Practical Center named after A.S. Loginov” of the Department of Health of Moscow,
Moscow, Russia*

^b*Russian University of Medicine of the Ministry of Health of Russia,
Moscow, Russia*

**E-mail: sabelnikova_e_a@mail.ru*

***E-mail: s.bykova@mknc.ru*

****E-mail: daniil_degtarev@mail.ru*

Celiac disease is a systemic autoimmune disease caused by gluten consumption, which is characterized not only by damage to the small intestine, but also by a wide range of extra-intestinal manifestations. The article discusses the main extra-intestinal manifestations and concomitant autoimmune diseases, such as neurological disorders, dermatological and endocrinological diseases, reproductive disorders (infertility, miscarriage) and liver diseases.

Keywords: celiac disease, risk groups, autoimmune diseases.

К 75-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА РАН АНАТОЛИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА ТОРКУНОВА



Известному учёному-международнику, общественному и государственному деятелю Анатолию Васильевичу Торкунову исполняется 75 лет. Писать о нём не так легко и просто, потому что его научная деятельность, общественная активность широки и многообразны. Он воплощает в себе учёного и общественного деятеля современного передового стиля, открытого к новациям и переменам, способного синтезировать самые разнообразные явления и события.

А.В. Торкунов внёс значительный вклад в изучение теоретических основ и методологии международной проблематики. Его книги и статьи, а также многочисленные общие труды, изданные под его редакцией, стали сегодня основой для понимания места и роли международных отношений.

В настоящее время А.В. Торкунов – признанный теоретик международных отношений. Его труды используются во всех регионах России, а также во многих зарубежных странах, особенно в государствах СНГ.

Помимо общих проблем азиатского и дальневосточного регионов, Анатолий Васильевич внёс значительный вклад в исследования европейской истории. Возглавляя совместный российско-французский проект (Трианонский диалог), участвуя в других проектах со странами Европы, он многое

сделал для понимания значения Европы в мировой истории и для понимания отношений России с европейскими государствами.

В последнее время А.В. Торкунов занялся активным исследованием истории России. Главный фокус его интереса направлен на изучение крайне актуальной сегодня проблемы – роли России в мировой истории и её вклада в историю мировой культуры и цивилизации.

Вклад юбиляра в науку не ограничивается только изданием трудов, учебников и учебных пособий. В течение многих лет в МГИМО МИД РФ и на других площадках, в том числе и в рамках Российской академии наук, А.В. Торкунов организует или инициирует проведение многих десятков российских и международных конференций и круглых столов, посвящённых самым разным актуальным проблемам.

Естественно, для ректора МГИМО главным остаётся образовательная деятельность университета. А.В. Торкунов возглавляет МГИМО на протяжении 33 лет. За это время университет существенно преобразился. Появились новые факультеты по современным специальностям (энергетика, масс-медиа и другие), уже завоевавшие популярность и признание.

За последние годы А.В. Торкунов многое сделал для российской средней школы. Под его редакцией изданы новые учебники по истории России сначала для 10–11 классов, а затем и для 5–9 классов. Они основаны на новых подходах, содержат новейшие оценки различных этапов российской истории с древнейших времён до наших дней.

Важной сферой деятельности А.В. Торкунова стали международные связи. Он всегда придавал им боль-

шее значение. В основе стиля и манеры юбиляра — уважение к собеседникам, желание понять другие точки зрения. Он всегда отстаивает интересы нашей страны, принципиален и одновременно спокоен, настроен на позитивные и конструктивные результаты.

В дни юбилея А.В. Торкунова хочется пожелать ему творческих успехов и удач в сфере науки и образования, в других областях государственной и общественной деятельности.

*А.О. ЧУБАРЬЯН,
АКАДЕМИК РАН, НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ ИНСТИТУТА ВСЕОБЩЕЙ ИСТОРИИ РАН,
СОПРЕДСЕДАТЕЛЬ РОССИЙСКОГО ИСТОРИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА,
ПРЕЗИДЕНТ ГОСУДАРСТВЕННОГО АКАДЕМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ГУМАНИТАРНЫХ НАУК*