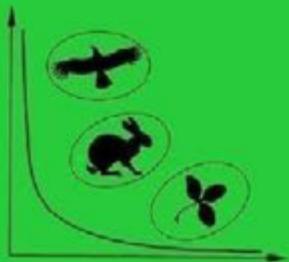


Том 6 Номер 4 Декабрь 2022
Volume 6 Number 4 December 2022



ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**ЭКОСИСТЕМЫ:
ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА**
**ECOSYSTEMS:
ECOLOGY AND DYNAMICS**

Журнал освещает результаты фундаментальных исследований и прикладных работ по изучению состояния, закономерностей процессов и динамики в природных, антропогенно созданных и/или антропогенно нарушенных экосистемах любого ранга (от биотопа до биосфера), а также в отдельных компонентах этих экосистем (как живых, так и неживых) повсеместно: во всех природных зонах и ландшафтах, на суше и в водной стихии. Статьи соответствующей тематики принимаются по следующим научным направлениям: география, биология, лесное и сельское хозяйство.

The journal highlights the results of fundamental and applied investigations on the study of the state, processes and dynamics in natural, anthropogenic and/or anthropogenically disturbed ecosystems of any scale (beginning from biotope and up to biosphere) as well as in separate components of those ecosystems (alive and lifeless) everywhere: in all natural zones and landscapes, on land and in the water. Papers on the related topics submitted to the journal should be related to the following branches of science: geography, biology, forest and agricultural management.

МОСКВА
MOSCOW

2022

WATER PROBLEMS INSTITUTE
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ECOSYSTEMS: ECOLOGY AND DYNAMICS

Vol. 6, No. 4, 2022, December

Journal is founded in January 2017

Issued 4 times per year

Editor-in-Chief, Dr. geogr. Zh.V. Kuzmina

Editorial Council:

Corresponding member of the Russian Academy of Sciences V.I. Danilov-Danilyan,

Corresponding member of the Russian Academy of Sciences A.N. Gelfan

Academician of the Russian Academy of Sciences K.N. Kulik,

Corresponding member of the Russian Academy of Sciences V.V. Melikhov,

Academician of the Russian Academy of Sciences A.S. Rulev

Editorial Board:

M.V. Bolgov, E.I. Golubeva, T.V. Dikariova, N.G. Mazey, N.M. Novikova,

G.N. Ogureeva, E.I. Pankova, S.A. Podolskiy, E.G. Suslova, A.S. Viktorov,

M.F. Vundtsettel, L.G. Yemelyanova

Executive Secretary:

E.I. Tobolova

Head of Editorial Office:

O.S. Grinchenko

Addresses of Editorial Offices:

Russia, 119333 Moscow, Gubkina str., 3, WPI RAS

Tel.: (499) 135-70-41. Fax: (499) 135-54-15

E-mail: dynamics-journal@yandex.ru

<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

MOSCOW

2022

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА

Том 6, № 4, 2022, декабрь

Журнал основан в январе 2017 г.

Выходит 4 раза в год

Главный редактор

доктор географических наук

Ж.В. Кузьмина

Редакционный совет:

член-корреспондент Российской академии наук А.Н. Гельфан,

член-корреспондент Российской академии наук В.И. Данилов-Данильян,

академик Российской академии наук К.Н. Кулик,

член-корреспондент Российской академии наук В.В. Мелихов,

академик Российской академии наук А.С. Рулев

Редакционная коллегия:

М.В. Болгов, А.С. Викторов, М.Ф. Вундцеттель, Е.И. Голубева, Т.В. Дикарева,

Л.Г. Емельянова, Н.Г. Мазей, Н.М. Новикова, Г.Н. Огуреева, Е.И. Панкова,

С.А. Подольский, Е.Г. Суслова

Ответственный секретарь:

Е.И. Тоболова

Заведующий редакцией:

О.С. Гринченко

Адрес редакции:

Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, д. 3, ИВП РАН

Телефон: (499) 135-70-41. Факс: (499) 135-54-15

E-mail: dynamics-journal@yandex.ru

<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

Москва

2022

© Журнал основан в 2017 г.
Учрежден и издается

Институтом водных проблем Российской академии наук.

Журнал как сетевое издание зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций;

Свидетельство о регистрации: ЭЛ № ФС 77-68782 от 17.02.2017.

Журнал зарегистрирован в Национальном центре ISSN Российской Федерации,
в Национальном информационно-аналитическом центре России – ВИНИТИ,

а также в научных электронных библиотеках: РГБ (Российская государственная библиотека,
rsl.ru), БЕН РАН (Библиотека по естественным наукам Российской академии наук), НЭБ,
РИНЦ, КИБЕРЛЕНИНКА, Российская книжная палата.

The journal has been founded in 2017.

It was founded and published by the

Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences.

The Journal is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (in Roskomnadzor) as a web Media;

Certification Number is ЭЛ № ФС 77-68782 of 17.02.2017.

The Journal is registered in National centre ISSN of Russian Federation,
All-Russian Institute for Scientific and Technical Information (VINITI),

and also in scientific electron libraries, such as RSL (Russian State Library, rsl.ru), Library of Natural Sciences of RAS, National Electronic Library, Elibrary, Science Index, CYBERLENINKA, Russian Book Chamber.

Информация о журнале, правила для авторов располагаются на сайте
<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

Information about Journal and Rules for authors are at the site
<http://www.ecosystemsdynamic.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

Том 6, номер 4, 2022 декабрь

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Прошлое и настоящее сайгака в России – есть ли будущее?
[на русском; аннотация на русском и английском]

T.YU. Каримова, A.A. Лущекина, V.M. Неронов, Ю.Н. Арылов, Н.Ю. Пюргенова 5-27

The Past and Present of Saiga in Russia: Is There a Future?
[на английском; аннотация на английском и русском]

*T.Yu. Karimova, A.A. Lushchekina, V.M. Neronov, Yu.N. Arylov,
N.Yu. Pyurvenova* 28-49

Динамика орнитокомплексов лесной и лесостепной зон Ивановской
и Тульской областей при изменении фонового климата и водности рек
в условиях антропогенного воздействия
[на русском; аннотация на русском и английском]

И.Б. Шаповалова 50-70

Палеоэкология севера Западной Сибири в последнюю
холодную эпоху плейстоцена: новые свидетельства и сценарии
[на русском; аннотация на русском и английском]

B.C. Шейнкман, С.Н. Седов, Е.В. Безрукова 71-88

Paleoecology of the North of West Siberia in the Last Epoch of the Pleistocene:
New Evidences And Scenarios
[на английском; аннотация на английском и русском]

V.S. Sheinkman, S.N. Sedov, E.V. Bezrukova 89-104

CONTENTS

Volume 6, Number 4, 2022 December

DYNAMIC OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS

- The Past and Present of Saiga in Russia: Is There a Future?
[in Russian; Abstract is available in Russian and English]
T.Yu. Karimova, A.A. Lushchekina, V.M. Neronov, Yu.N. Arylov, N.Yu. Pyurvenova 5-27

The Past and Present of Saiga in Russia: Is There a Future?
[in English; Abstract is available in English and Russian]
*T.Yu. Karimova, A.A. Lushchekina, V.M. Neronov, Yu.N. Arylov,
N.Yu. Pyurvenova* 28-49

Dynamics of Ornithocomplexes of the Forest and Forest-Steppe Zones
of the Ivanovo and Tula Regions when Changing Background Climate
and Water Content of Rivers in Conditions of Anthropogenic Impact
[in Russian; Abstract is available in Russian and English]
I.B. Shapovalova 50-70

Paleoecology of the North of West Siberia in the Last Epoch of the Pleistocene:
New Evidences And Scenarios
[in Russian; Abstract is available in Russian and English]
V.S. Sheinkman, S.N. Sedov, E.V. Bezrukova 71-88

Paleoecology of the North of West Siberia in the Last Epoch of the Pleistocene:
New Evidences And Scenarios
[in English; Abstract is available in English and Russian]
V.S. Sheinkman, S.N. Sedov, E.V. Bezrukova 89-104

————— ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ —————

УДК 599.735.53:591.5

ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ САЙГАКА В РОССИИ – ЕСТЬ ЛИ БУДУЩЕЕ?

© 2022 г. Т.Ю. Каримова*, **, А.А. Лущекина*, В.М. Неронов*,
Ю.Н. Арылов***, Н.Ю. Пюрвенова****

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: rusmabcom@gmail.com

**Институт водных проблем РАН
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: katayur@gmail.com

***Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова
Россия, 358000, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11. E-mail: kalmsaiga@mail.ru

****Независимый исследователь
Россия, 358001, г. Элиста, пер. Гермашева, д. 54а. E-mail: arylova@gmail.com

Поступила в редакцию 01.11.2022. После доработки 10.11.2022. Принята к публикации 01.12.2022.

Выработанные в ходе эволюции жизненные стратегии сайгака (раннее вступление в размножение и высокая плодовитость самок, полигамия, стадность, миграции и др.) позволили виду сохраниться со временем мамонтовой фауны в изменяющихся условиях среды. В голоцене начался новый этап в истории сайгака – сосуществование с человеком. Помимо истребления этих животных в результате массовой охоты, стало расти влияние человека на среду обитания животных за счет широкого распространения земледелия, особенно в Западной Европе, что отразилось на сокращении ареала вида в исторический период. К началу XX века от сплошного и обширного ареала сайгака остались лишь отдельные пятна, и в Европе он встречался только в нетронутых человеком глухих уголках нижнего течения реки Волги, а в Азии – на Устюрге, в Бетпак-Дале, в междуречье Или-Каратал, Китае и Монголии. Благодаря предпринятым в 1920-е гг. советским правительством охранным мерам, в настоящее время в мире существует пять популяций сайгака, из которых четыре популяции – Северо-Западного Прикаспия (Россия), Уральская (Казахстан, Россия), Устюртская (Казахстан, Узбекистан, Туркменистан), Бетпакдалинская (Казахстан, Россия) – относятся к номинативному подвиду *S. t. tatarica*, а пятая популяция – *S. t. mongolica* (=*S. borealis*) – обитает в Западной Монголии. С конца прошлого века состояние популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия вызывает особую озабоченность. Наряду со снижением численности сайгака (с 800 тыс. в 1958 г. до 5 тыс. в 2015 г.) сократилась и площадь зоны его основного обитания (с 60-70 тыс. км² до 2-3 тыс. км², соответственно). Значительная часть популяции перешла к оседлому образу жизни на охраняемых территориях экорегиона «Черные земли». Нехватка половозрелых самцов в популяции (менее 10 %) на протяжении продолжительного времени привела к сокращению ее прироста и, следовательно, к снижению численности. Благодаря предпринятым на разных уровнях мерам с 2016 г. популяция сайгака в Северо-Западном Прикаспии начала постепенно увеличиваться (до 18-19 тыс. в 2022 г.). Дальнейший рост ее численности в настоящее время зависит от эффективности действий, которые предполагается осуществить в рамках реализации «Стратегии сохранения сайгака в Российской Федерации» – кроме организации эффективной охраны и полномасштабного мониторинга, это и недопущение фрагментации мест обитания сайгака за счет снятия разного рода препятствий для кочевок, улучшение качества местообитаний, создание новых охраняемых территорий разного уровня в наиболее подходящих местообитаниях и объединение их путем создания экологических коридоров в единую сеть, расширение и активизация эколого-просветительской деятельности.

Ключевые слова: сайгак, популяции сайгака, численность, ареал, Северо-Западный Прикаспий, сохранение сайгака.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-4-5-27

EDN: OWBPWB

В последние годы наблюдаются беспрецедентно быстрые темпы утраты биоразнообразия, что серьезно подрывает способность биосфера поддерживать жизнь на Земле. По оценкам специалистов, в настоящее время под угрозой исчезновения находятся около миллиона видов растений и животных (The Global ..., 2019), в результате чего важнейшие экосистемы, которые являются источником множества услуг, в т.ч. необходимых для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства, стремительно разрушаются, что в будущем может привести к дефициту продовольствия и ухудшению состояния здоровья населения (Состояние ..., 2019). Особую озабоченность ученых вызывает исчезновение за последние 100-200 лет отдельных популяций практических всех видов крупных млекопитающих на фоне общего падения их численности и сокращения ареалов (Ceballosa et al., 2017), происходящие в результате изменений климата, загрязнения окружающей среды, смены систем землепользования, а также прямого преследования видов в ходе любительской охоты, масштабного промысла, браконьерства (Briggs, 2017). В итоге сначала потеря популяции, а в дальнейшем и целого вида позвоночных приводит к разрушению сложных экологических сетей, включающих животных, растения и микроорганизмы.

В настоящее время все копытные, когда-либо обитавшие в аридных ландшафтах России (сайгак, дзерен, кулан, лошадь Пржевальского), включены в недавно изданную Красную книгу Российской Федерации (2021). Из этого списка на просторах нашей страны пока еще реально встретить только сайгака и дзера. Но состояние популяции сайгака – единственной европейской антилопы, обитание которой в настоящее время приурочено к территории Северо-Западного Прикаспия, а в недавнем прошлом обычного и многочисленного вида южных регионов Европейской части России, с конца 90-х гг. прошлого века вызывает особую озабоченность.

Эволюция, систематика и ареал вида

Несмотря на многовековую историю вида (сайгак входит в состав так называемой «мамонтовой» фауны Евразии), время и место возникновения рода *Saiga* не установлено. Исследуемые останки этого зверя из отложений древнее среднего плейстоцена учеными не известны, а находки костей этого периода говорят не только о его широком распространении в Евразии и Америке, но и о том, что морфологически, а также, вероятно, экологически, эти формы уже не отличались от современных. Эти факты позволяют предполагать, что предки сайгака отделились от общих корней группы *Caprinae* во второй половине миоцена или в начале плиоцена (Барышников и др., 1998). В четвертичный период сайгак обитал на обширных пространствах тундростепей от Британских островов на западе до Аляски и северо-западных территорий Канады на востоке, а также от Новосибирских островов на севере до Кавказа на юге. Потепление и гумидизация климата на рубеже плейстоцена и голоцен привели к исчезновению ландшафта тундростепей, и сайгак приспособился к обитанию в ксерофитных степных и пустынных ландшафтах на южной периферии его прежнего ареала. И если ранее динамика пространственной структуры ареала сайгака определялась влиянием в основном физико-географических факторов, то начало голоцена ознаменовало собой новый этап – существование с человеком. Помимо истребления сайгака в результате массовой охоты, стало расти влияние человека на среду обитания животных за счет широкого распространения земледелия, особенно в Западной Европе, что отразилось на изменении ареала вида в исторический период.

По мнению большинства ученых (Барышников и др., 1998; Кузнецова и др., 2002), сайгак является единственным видом рода *Saiga*, в котором выделяли пять подвидов: три вымерших – *Saiga tatarica binagadensis* (Закавказье), *S. t. prisca* (Европа и Западная Сибирь), ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2022, том 6, № 4

S. t. borealis (Восточная Сибирь и Аляска) и два сохранившихся до нашего времени – номинативный *Saiga tatarica tatarica* Linnaeus, 1766, распространенный на обширных равнинах Северо-Западного Прикаспия, Казахстана и Средней Азии, а также западной Джунгарии, и *Saiga tatarica mongolica* Банников, 1946, имеющий небольшой ареал в Монголии. Другие ученые (Шер, 1967; Baryshnikov, Tikhonov, 1994) предполагают, что в плейстоцене существовало два вида – европейско-казахстанский (*S. tatarica*) и восточносибирско-американский (*S. borealis*). На основании этого и небольших различий в морфологии двух существующих подвидов в последнем, третьем издании «Mammal Species of the World» (2005) им придан видовой статус с использованием для монгольского сайгака названия *S. borealis* Tschersky, 1876, что нашло отражение в ряде официальных документов, определяющих распространение в Евразии двух самостоятельных видов – *S. tatarica* и *S. borealis*.

Сайгак как массовый вид, населявший открытые аридные пространства, был ценным промысловым животным и играл заметную роль в жизни степных кочевников. Еще в начале XVIII века его ареал простирался от причерноморских степей на западе до аридных территорий Китая и Монголии на востоке (Кириков, 1966; Динесман, 1998; рис. 1). В первой половине XIX в. его некогда обширный ареал из-за охоты и сельскохозяйственного освоения этих земель оказался разделенным на три части: европейскую (Восточная Европа), среднеазиатскую (Казахстан, Узбекистан и Туркменистан) и центральноазиатскую (Монголия и Китай). Во второй половине XIX столетия человек быстро заселял степные пространства и сайгак почти полностью исчез из Европы. Резко сократился его ареал и в Азии. В итоге к началу XX века от сплошного и обширного ареала остались лишь отдельные пятна, и на Европейской территории сайгак встречался только в нетронутых человеком самых глухих местах нижнего течения реки Волги, а в Азии – на Устюрте, в Бетпак-Дале, в междуречье Или-Каратал, Китае и Монголии. Общая численность сайгака на территории бывшего СССР оценивалась тогда примерно в 1000 голов (Банников и др., 1961). Вид оказался на грани исчезновения и был взят под усиленную охрану. После введения запрета на охоту на сайгака в Европейской части страны в 1921 г., на территории Казахстана и республик Средней Азии в 1923 г. и ликвидации контрабанды на границе СССР по вывозу рогов в начале 30-х гг. началось восстановление вида (Жирнов, 1982). В 1952 г. только в Северо-Западном Прикаспии их было уже 180 тыс., а максимальная численность в СССР за всю историю учетов была зафиксирована в 1974 г. – 1 млн. 650 тыс.

В настоящее время в мире существует пять популяций сайгака, из которых четыре – популяция Северо-Западного Прикаспия (Россия), Уральская (Казахстан, Россия), Устюртская (Казахстан, Узбекистан, Туркменистан), Бетпакдалинская (Казахстан, Россия) – относятся к номинативному подвиду *S. t. tatarica*, а пятая – *S. t. mongolica* (=*S. borealis*) – обитает в Западной Монголии (рис. 1). Еще одна популяция *S. t. tatarica*, обитавшая на северо-западе Китая (в бассейнах рек Джунгар и Таченг) и в прилегающих районах Юго-Западной Монголии, была истреблена еще в 1960-1970-е гг. в ходе добычи рогов, использующихся в китайской медицине, хотя местные пастухи видели небольшие группы из 3-4 особей до 1984 г. (Gao et al., 2011).

Современное состояние популяций

У каждой из этих популяций своя сложная судьба, но в целом причины, негативно влияющие на численность сайгака, по всему ареалу одни и те же: *климатические* (суровые зимы, дзуд [бескормица в зимний период в результате образования ледяной корки на поверхности снега] и засухи в вегетационный период); *биотические* (болезни, паразиты и хищники); *антропогенные* (прямые – промысел и браконьерство; косвенные – сокращение

и фрагментация мест обитания, возникающие вследствие интенсификации сельского хозяйства; уменьшение кормовой емкости пастбищ; строительство преград в виде каналов, дорог, заборов на полях и пастбищах на путях кочевок и сезонных миграций).

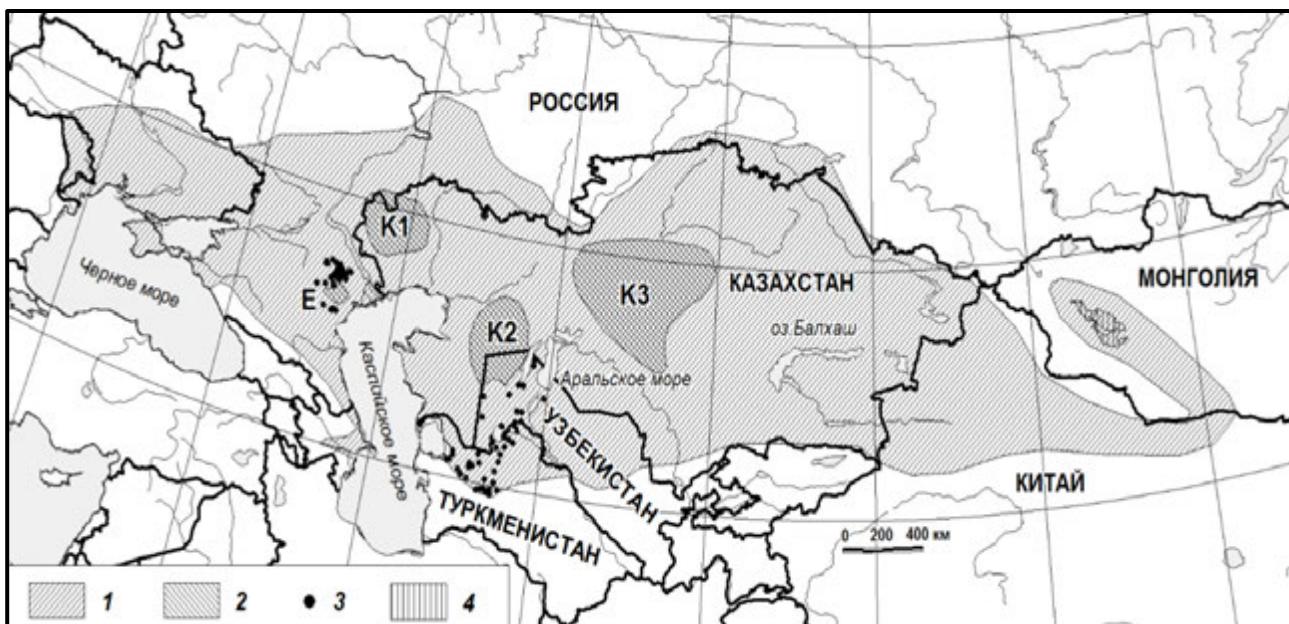


Рис. 1. Ареал сайгака. Условные обозначения: 1 – ареал в голоцене (Барышников и др., 1998), 2 – современный ареал *Saiga tatarica tatarica* (популяции: Е – Северо-Западного Прикаспия, К1 – Уральская, К2 – Устюртская, К3 – Бетпакдалинская), 3 – места встреч *S. t. tatarica* в последние годы, 4 – современный ареал *S. t. mongolica* (=*S. borealis*). **Fig. 1.** The range of the saiga. Legend: 1 – in the Holocene (Baryshnikov et al., 1998), 2 – *Saiga tatarica tatarica* (E – Northwest Pre-Caspian population; K1 – Ural population, K2 – Ustyurt population, K3 – Betpakdala population), 3 – meeting points of *S. t. tatarica* in recent years, 4 – *S. t. mongolica* (=*S. borealis*).

На территории Западной Монголии обитают четыре субпопуляции «монгольского» сайгака (*S. t. mongolica*=*S. borealis*) в районе сомона Манхан, в Шаргийн Гоби, Хуйсийн Гоби и в Доргонской степи (Buuveibaatar et al., 2013). По мнению ученых (Жирнов и др., 1998б), оседлый образ жизни, пониженный потенциал размножения и, как следствие, низкая численность предопределяют большую уязвимость этого подвида к негативным воздействиям климатических, биотических (болезни) и антропогенных факторов. Несмотря на то, что охота на него была запрещена с 1930 г. (Милнер-Гулланд и др., 2020), в 70-80-х гг. прошлого века в удаленных уголках Гоби обитало менее 1000 особей «монгольского» сайгака (Lushchekina et al., 1999). Но, благодаря целому ряду таких природоохранных мер, как включение в 1987 г. вида в Красную книгу Монголии, создание новых охраняемых территорий (в их пределах находится примерно 24% ареала этих копытных (Clark et al., 2006), усиление охраны и работа с местным населением, ситуацию удалось переломить. По учетам, проведенным в 2014 г., размер популяции сайгака составлял примерно 15 тыс. голов, а ареал – почти 4.7 тыс. км² (Чимеддорж и др., 2016). Но после массового падежа в 2017 г., вызванного чумой мелких жвачных, и из-за неблагоприятных погодных условий к концу 2018 г. их оставалось всего 3800 особей (Fewer ..., 2019). Проведенные за два года (2019-2020 гг.) мероприятия – вакцинация домашнего скота, дополнительная подкормка животных в зимние месяцы, а также усиление охраны сайгака,

дали свои результаты, и в октябре 2021 г. популяция насчитывала уже 10077 особей (Mongolian ..., 2021).

Меры по сохранению номинативного подвида сайгака (*S. t. tatarica*), предпринятые советским правительством в 20-30 гг. прошлого века, принесли свои результаты, и уже к середине XX в. численность животных настолько возросла, что в 1951 г. был открыт промысел на территории Северо-Западного Прикаспия, а с 1954 г. – в отдельных районах Казахстана. Несмотря на то что ежегодно изымалось от 10 до 115 тыс. сайгаков в Северо-Западном Прикаспии и 31-501 тыс. в казахстанских популяциях, к началу 1980-х гг. его общая численность оценивалась примерно в 1.2 млн. голов – 400 тыс. в Северо-Западном Прикаспии, 800 тыс. в Казахстане, Узбекистане и Туркменистане (Бекенов, Грачев, 1998; Жирнов, Максимук, 1998; рис. 2). Распад Советского Союза в 1990-е гг. и последовавшие за ним годы экономического кризиса, открытие границ и практически свободная внешняя торговля, а также увеличение спроса на рога сайгака в Китае и ряде стран Юго-Восточной Азии привели к росту браконьерства по всему ареалу. Общая численность трех популяций сайгака (Уральской, Бетпакдалинской и Устюртской) за 10 лет уменьшилась в 45 раз – с 976 тыс. в 1993 г. до 21.1 тыс. в 2003 г. (Грачев и др., 2009), а в Северо-Западном Прикаспии за тот же период она уменьшилась в 8 раз – со 148 тыс. до 18.5 тыс. (Близнюк, 2009). Важно отметить, что если в 2003 г. численность популяций в России и Казахстане (и соседних Узбекистане и Туркменистане) вполне сопоставимы между собой, то через 20 лет эти цифры значительно отличаются – те же 18.5 тыс. в Северо-Западном Прикаспии (Сайгачья ..., 2022) и 1 млн. 318 тыс. в трех казахстанских популяциях (Судьба ..., 2022). При этом следует принять во внимание тот факт, что с 2010 по 2015 гг. в Уральской и Бетпакдалинской популяциях от эпизоотий погибли почти 230 тыс. животных (Karimova et al., 2021).

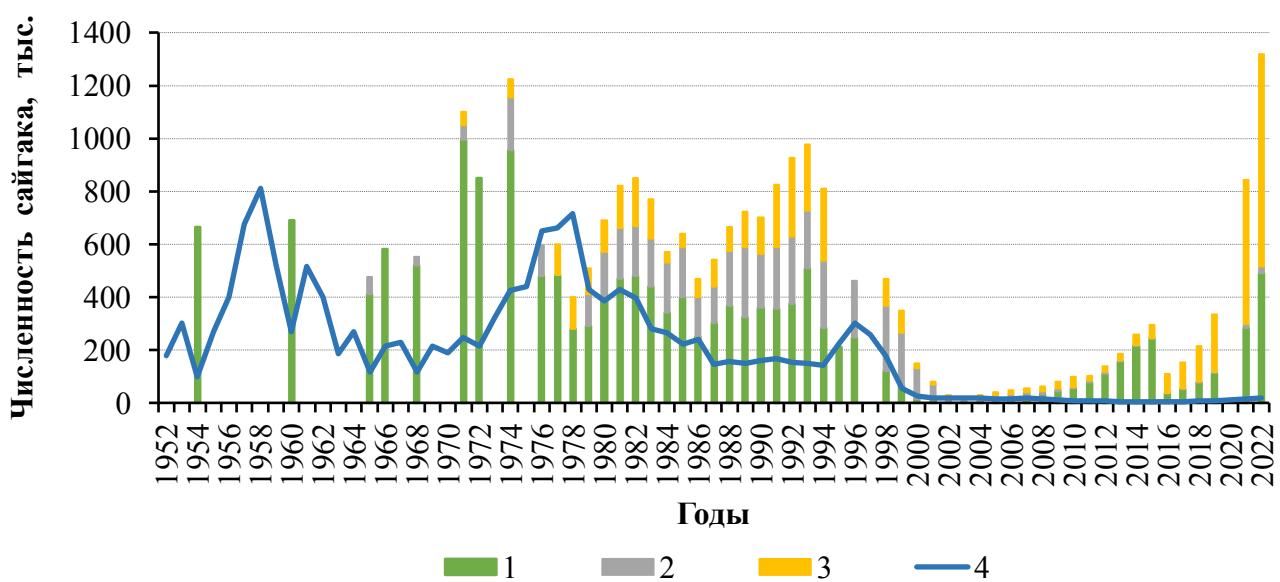


Рис. 2. Динамика численности популяций сайгака. Условные обозначения: 1 – Бетпакдалинская популяция, 2 – Устюртская, 3 – Уральская, 4 – популяция Северо-Западного Прикаспия. **Fig. 2.** Dynamics of the Betpakdala (1), Ustyurt (2), Ural (3) and Northwest Pre-Caspian (4) saiga populations.

Проведенное нами исследование показало, что в начале 2000-х гг. основные биологические параметры, характеризующие четыре популяции сайгака (Северо-Западного

Прикаспия, Бетпакдалинскую, Устюртскую, Уральскую), т.е. плодовитость и яловость самок, соотношение полов новорожденных, приплод и половозрастной состав популяции, определяемые в июле-августе, были сопоставимы, причем доля взрослых самцов и выход молодняка на 1 самку в июле-августе в популяции Северо-Западного Прикаспия были выше, чем в казахстанских популяциях: $11.5\pm1.9\%$ и 0.81 ± 0.18 сайгачонка против $8.7\pm3.8\%$ и 0.48 ± 0.40 соответственно (Karimova et al., 2021). Эти данные позволяют говорить о том, что причины такой разницы в численности кроются именно во внешних факторах.

Для успешной охраны трех популяций правительство Казахстана, международные неправительственные и межправительственные организации вложили значительные средства в развитие сети особо охраняемых природных территорий в Республике. С 2006 г. площади таких территорий разного уровня в ареале обитания сайгака увеличились в 2.5 раза (за счет образования двух новых – природные резерваты «Бокейорда» и «Алтын Дала», куда вошла территория заказника «Сарыкопинский», и расширения уже существующих – заказника «Андасайский», природного парка «Улытау», природного резервата «Иргиз-Тургайский» и заповедника «Коргалжинский») и составили более 6 млн. га (Об утверждении ..., 2017). В 2014 г. был создан первый экологический коридор, который соединил ключевые особо охраняемые природные территории (Брагина, 2015). Восстановлены существовавшие при СССР мобильные инспекторские группы: 30 отрядов из 150 инспекторов, оснащенных современными транспортными средствами, устройствами спутниковой связи и навигации, а также аудио- и видеоприборами наблюдения (Миноранский, Даньков, 2016). Многие проекты в настоящее время находятся в стадии реализации – это и научные исследования, и эколого-просветительская работа с местным населением. Ежегодно на территории Казахстана проводятся авиаучеты и наземный мониторинг сайгака, а также существует программа слежения за отдельными животными, помеченными спутниковыми ошейниками (Милнер-Гулланд и др., 2020). Повышение эффективности охраны сайгака и ужесточение мер наказания, введенных с 2018 г. по статьям Уголовного кодекса Республики Казахстан (2022), касающихся охоты на сайгака и обращения с его дериватами, позволило значительно ослабить пресс браконьерства и создать условия для такого быстрого роста численности вида.

В России самостоятельная популяция сайгака обитает на территории Северо-Западного Прикаспия в экорегионе «Черные земли», включающем в себя восточные районы Республики Калмыкия и юго-западные районы Астраханской области. В приграничные с Республикой Казахстан левобережные районы Астраханской, Волгоградской и Саратовской областей частично заходит ареал Уральской популяции (Neronov et al., 2013). В последние годы в связи с ее ростом и весенне-летней засухой на территории Казахстана, в эти области на короткое время стали заходить многотысячные стада, что вызывает некоторое недовольство со стороны местных фермеров (Сайгаки ..., 2022). Также отмечаются редкие встречи сайгаков Бетпакдалинской популяции в Оренбургской области (Левыкин и др., 2015).

Судьба популяции сайгака в Северо-Западном Прикаспии

Как говорилось выше, с начала XX в. сайгак за несколько десятилетий из исчезающего вида в СССР перешел в разряд промысловых. Уже к 1940 г. его ареал на правобережье Волги охватывал большинство районов, а концу 40-х гг. антилоп насчитывалось более 100 тыс. особей (Жирнов, Максимук, 1998). В 1950-1960-е годы площадь зоны основного обитания сайгака составляла уже 60-70 тыс. км², а в периоды засух и многоснежных зим эта область увеличивалась до 150-170 тыс. км² (рис. 3а). Численность оценивалась примерно в 800 тыс. (Жирнов и др., 1998а; Близнюк, 2009). При такой численности из-за высокой стадности ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2022, том 6, № 4

сайгаков кормовые ресурсы на пастбищах довольно быстро заканчивались, что заставляло животных перемещаться на новые территории. Сайгаков, совершивших в поисках пропитания дальние миграции протяженностью до 420 км, можно было встретить практически повсеместно далеко за пределами экорегиона «Черные земли» – на территории Астраханской, Волгоградской и Ростовской областей, Ставропольского края, Республики Калмыкия, Дагестан и Чечня (Жирнов и др., 1998а). Однако существовали районы сезонных скоплений. Зимой сайгаки предпочитали обитать на юге – на восточных склонах Ергеней и в экорегионе «Черные земли»; весной они перемещались на север – в Сарпинскую низменность, где у них проходил отел, а в летний период рассредоточивались, но большинство предпочитало пасться к северу и западу от места отела (Банников и др., 1961).

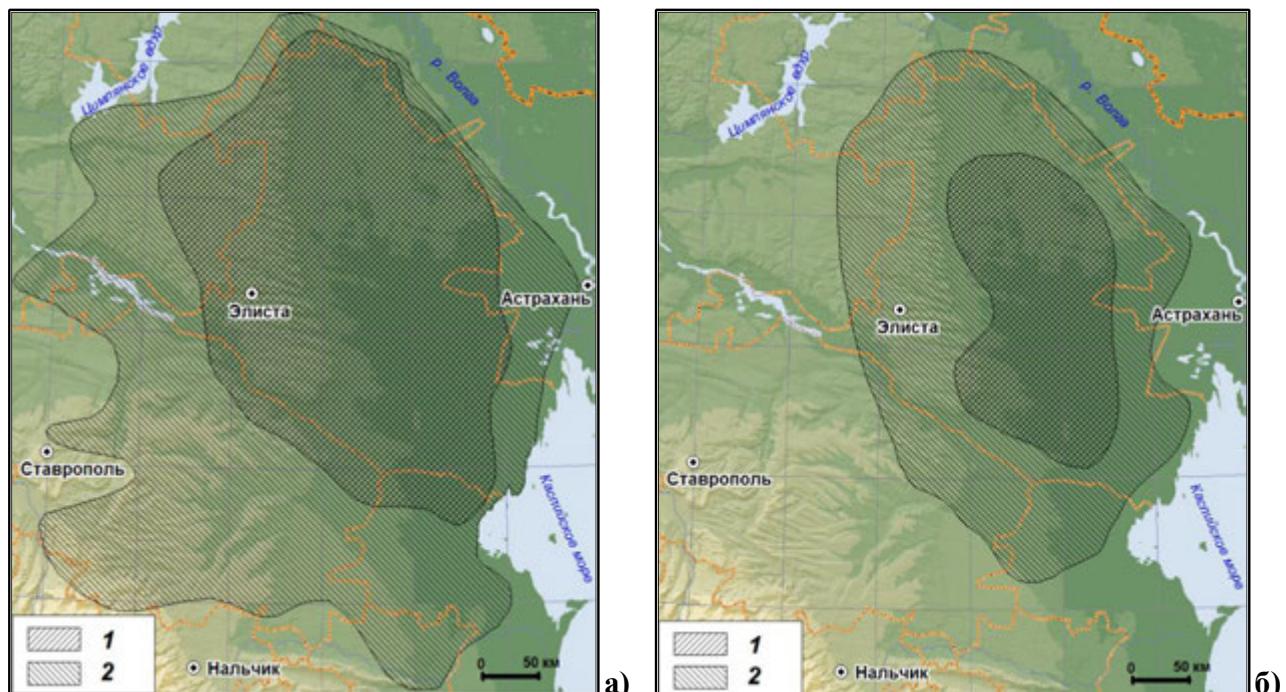


Рис. 3. Область распространения популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия: а) в 1950-1960-е гг. (Банников и др., 1961; Жирнов, 1982), б) – в 1970-1990-е гг. (Жирнов и др., 1998а). Условные обозначения: 1 – основной ареал, 2 – районы заходов. **Fig. 3.** The area of distribution of the Northwest Pre-Caspian saiga population a) in the 1950-1960s (Bannikov et al., 1961; Zhirnov, 1982), b) in the 1970-1990s (Zhirnov et al., 1998a). Legend: 1 – saiga's main range, 2 – areas they visited.

Начавшееся в 1970-е годы широкомасштабное хозяйственное освоение территории в районе Сарпинских озер, такое как строительство дорог и поселков, распашка земель, сооружение сети оросительных каналов (Близнюк, 1995), к началу 1980-х годов привело к сокращению площади основного обитания сайгака до 30 тыс. км² (рис. 3б). Рост поголовья мелкого домашнего скота в Калмыкии до 3.04 млн. в 1981 г., возросшая конкуренция за кормовые ресурсы, а иногда и неблагоприятные погодные условия вынуждали пока еще многочисленные стада сайгаков, численность которых с 1970-х до середины 1980-х гг. варьировала от 240 тыс. до 715 тыс. особей (Близнюк, 2009), совершать протяженные кочевки в поисках лучших пастбищ на территории в 100 тыс. км². В те годы еще отмечались редкие заходы сайгака в Ростовскую область, Ставропольский край и Республику Дагестан (Миноранский, Даньков, 2016). Промысел, развитие сельского хозяйства, разработка

месторождений нефти и газа и строительство сопутствующих инфраструктур привели к тому, что концу 1980-х гг. численность сайгака сократилась до 150-160 тыс. (Жирнов, Максимук, 1998).

В 1990-е гг. неконтролируемая браконьерская охота, которая активизировалась после распада СССР, а также последовавшая приостановка работы всех бюджетных структур, в т.ч. и природоохранных, привели к резкому падению численности популяции в регионе – до 15-20 тыс. в 2006 г. (Мельников, Сидоров, 2009), с последующим ее снижением до 4-5 тыс. в 2015 г. (Каримова, Лущекина, 2018). По мнению ряда экспертов (Kuhl et al., 2009), это самое быстрое сокращение численности, зарегистрированное когда-либо для млекопитающих в мире. Для объяснения причин такого катастрофического сокращения в конце 1990-х – начале 2000 г. выдвигались различные гипотезы: одни авторы пытались связать его с многолетними циклическими колебаниями и нахождением популяции на тот момент на стадии спада своих популяционных возможностей (Сидоров, Букреева, 1999); другие – с изменениями растительного покрова в местах обитания сайгака (Абатуров, 2007; Абатуров и др., 2008); высказывалось мнение, что основная причина в возросшей популяции волка. Но по прошествии времени верной оказалась версия А.А. Данилкина (2005), который объяснил это бесконтрольным, хищническим характером использования ресурсов сайгака и отсутствием их надлежащей охраны.

В те годы кроме браконьерского отстрела животных на мясо проводилось мотивированное уничтожение самцов из-за рогов, высоко ценившихся в китайской медицине, что привело к нарушению половозрастной структуры популяции. Сохранившаяся в популяции Северо-Западного Прикаспия в условиях низкой численности высокая плодовитость вида (Karimova et al., 2020) не могла быть реализована в полной мере из-за крайне низкого уровня половозрелых самцов. Для нормального цикла воспроизводства их количество должно находиться на уровне 15-20%, а в природе к августу 2002 г. из-за выборочного отстрела самцов их численность сократилась до 1.1%, а к периоду гона достигла критической отметки – 0.6% (Milner-Gulland et al., 2003). Несмотря на предпринимаемые меры, эта диспропорция в соотношении полов продолжала сохраняться и в последующие годы. Так, в августе 2014 г. доля половозрелых самцов в популяции составляла всего 5.7%, а к декабрю снизилась до 0.72% (Летопись ..., 2014). Ранее тоже случались критические ситуации, но не такие продолжительные. Так, зимой 1958-1959 гг. в результате чрезмерной промысловой добычи доля взрослых самцов уменьшилась к периоду гона до 1-2% (Банников и др., 1961), но, благодаря высокой пластичности вида и выработанным в процессе эволюции адаптивным способностям, а также снижению количества добываемых животных, численность популяции восстановилась через несколько лет.

Наблюдающееся в последние годы улучшение половозрастной структуры популяции (рис. 4) позволяет с некоторой осторожностью говорить об ее выходе из затянувшегося периода депрессии численности (Богун, 2019). Данные экспертной оценки численности вида также подтверждают это, т.к. в июле 2022 г. сайгаков было уже 18000-19000 (Сайгачья ..., 2022).

В связи с падением численности сайгака зона их основного обитания тоже сократилась (рис. 5). В последние годы, несмотря на стремительный рост поголовья мелкого домашнего скота, в первую очередь в восточных районах Республики Калмыкия (Черноземельский, Юстинский и Яшкульский), с 312.8 тыс. в 1998 г. до 1328.3 тыс. в 2019 г. (Поголовье ..., 2019), уже не столь многочисленные стада не совершают протяженных миграций в поисках пропитания, предпочитая круглый год держаться на охраняемых территориях (степной участок заповедника «Черные земли», Республика Калмыкия и заказник «Степной», Астраханская область) или вблизи них, на площади около 3 тыс. км²

(Каримова, Лущекина, 2018), что составляет лишь 10.2% от всех оптимальных мест обитания в этом регионе (Пальцын, 2016). Исследование растительности северо-западной части Прикаспийской низменности, проведенное в рамках проекта Всемирного фонда дикой природы (WWF) «Оценка местообитаний сайгака Северо-Западного Прикаспия» в 2021–2022 гг., показало, что растительные сообщества на значительной части этой территории находятся в хорошем состоянии (И.Н. Сафонова, личное сообщение), а их разнообразие и видовой состав вполне подходят для расширения зоны современного обитания вида при увеличении его численности.

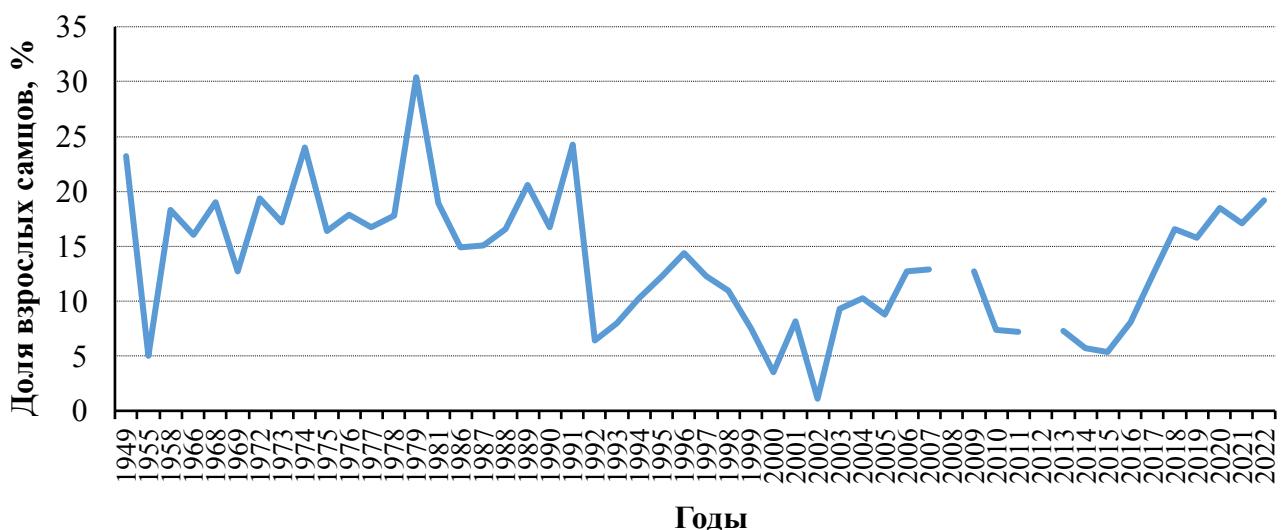


Рис. 4. Динамика взрослых самцов в популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия.

Fig. 4. Dynamics of sexually mature saiga males in the Northwest Pre-Caspian population.

Меры, предпринимаемые для сохранения популяции сайгака в Северо-Западном Прикаспии

В последние десятилетия проблема сохранения сайгака как вида, приобрела мировое значение. С 1995 г. он находился в Приложении II Конвенции о международной торговле видами дикой фауны и флоры (СИТЕС), а на 18-й Конференции Сторон СИТЕС (2019 г., г. Женева) была принята аннотация, в которой «устанавливается нулевая экспортная квота для образцов из природы, перемещаемых в коммерческих целях», что аналогично временному занесению вида в Приложение I СИТЕС. Международный союз охраны природы (IUCN/МСОП) в 2002 г. ввел сайгака в свой Красный Список. Сайгак включен в Приложение II Конвенции о сохранении мигрирующих видов диких животных («Боннская конвенция»), и государства, на территории которых обитают виды, занесенные в это Приложение, должны прилагать усилия к заключению важных для них соглашений и отдавать приоритет таким видам, сохранность которых остается под вопросом. Российская Федерация на сегодняшний день не является Стороной Боннской конвенции, но в 2009 г. она присоединилась к Меморандуму о взаимопонимании относительно сохранения, восстановления и устойчивого использования антилопы. Сторонами Меморандума являются все страны ареала сайгака, а также ряд общественных организаций, а рабочим его инструментом – Среднесрочные международные рабочие программы.

В 2012 г. было заключено двустороннее межведомственное Соглашение между Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации и Министерством

сельского хозяйства Республики Казахстан по охране, воспроизводству и использованию Уральской группировки сайгака. В 2020 г. был подписан новый документ – Соглашение между Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан и Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации по охране, воспроизводству и использованию трансграничных популяций сайгака (*Saiga tatarica tatarica*).

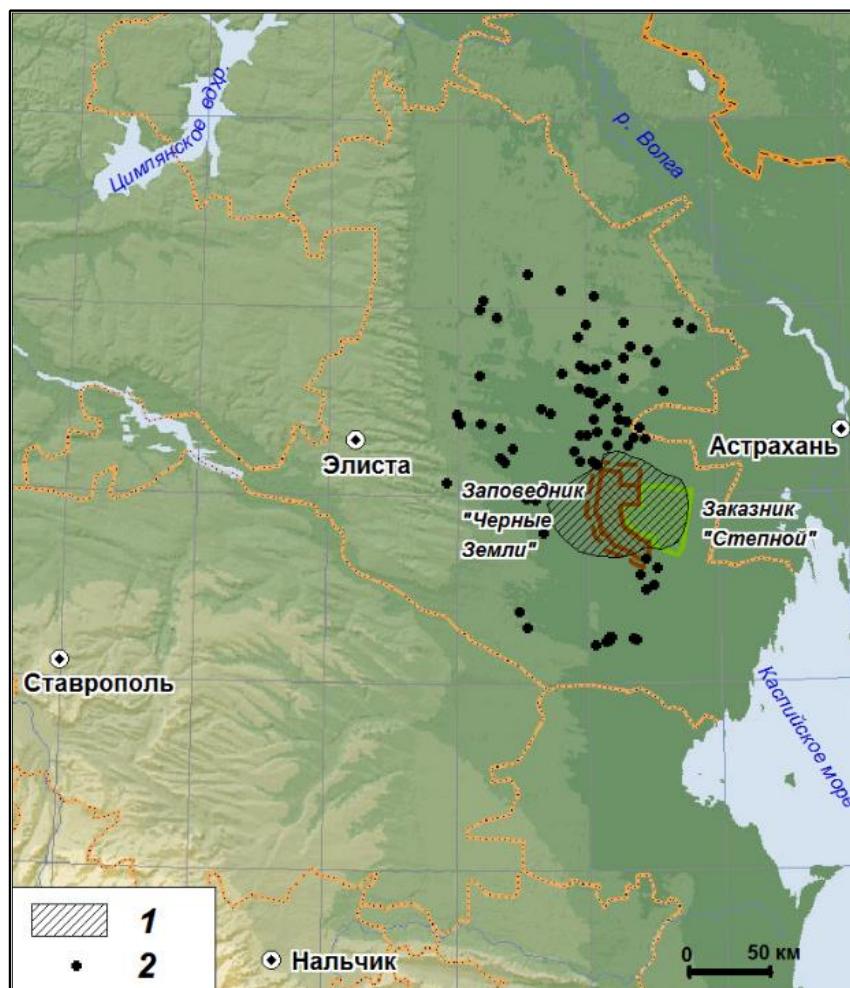


Рис. 5. Область распространения сайгака в Северо-Западном Прикаспии в 2000-2022 гг.
Условные обозначения: 1 – основной ареал, 2 – места встреч сайгака. **Fig. 5.** Distribution of saiga in the Northwest Pre-Caspian region in 2000-2022. Legend: 1 – the main range, 2 – the sites of sightings.

В Российской Федерации за последние 30 лет был также принят ряд мер, направленных на сохранение как сайгака, так и мест его обитания. В 1998 г. был введен запрет охотничьего промысла, в 2001 г. вышел Указ президента Калмыкии «О чрезвычайных мерах по охране и сохранению калмыцкой популяции сайгака», в 2010 г. проведен «Год сайгака», в 2013 г. сайгак был включен в перечень «особо ценных диких животных и водных биологических ресурсов, принадлежащих к видам, занесенным в Красную книгу Российской Федерации и (или) охраняемым международными договорами Российской Федерации», за незаконную добычу, содержание, приобретение, хранение, перевозку, пересылку и продажу которых наступает уголовная ответственность в соответствии со статьей 258.1 Уголовного кодекса

РФ (2017), также вид внесен в Красные книги Республики Калмыкия (2013), Ростовской (2014) и Астраханской (2014) областей и Российской Федерации (2021).

Для усиления охраны местообитаний сайгака и успешного ведения мониторинга в 1990 г. в Республике Калмыкия был создан государственный природный заповедник «Черные земли» (площадь степного участка – 94 тыс. га с охранной зоной в 57 тыс. га). В 2010 г. под единое управление этому заповеднику были переданы три федеральных заказника («Меклетинский» – 102.5 тыс. га, «Сарпинский» – 195.9 тыс. га и «Харбинский» – 163 тыс. га), расположенные на территории Республики. В Астраханской области уже более 20 лет эффективно функционирует региональный заказник «Степной», где небольшой, но профессиональный коллектив осуществляет охрану сайгака на площади около 104 тыс. га. Кроме охраны, на территории заказника «Степной» проводятся научно-исследовательские работы – силами инспекторов с 2004 г. ведется мониторинг сайгака, а многие отечественные и зарубежные исследователи выбрали его территорию в качестве модельного полигона. Здесь исследуются не только различные аспекты биологии, этологии и экологии сайгака, но и ведутся работы по комплексному изучению биоразнообразия региона. Также на территории заказника проводится ряд биотехнических мероприятий, предотвращающих возникновение пожаров, а для обеспечения сайгаков водой в наиболее засушливые периоды при поддержке Отделения "Российский Кавказ" WWF России было расчищено несколько артезианских скважин, которые привлекают на водопой и других животных и птиц (рис. 6).

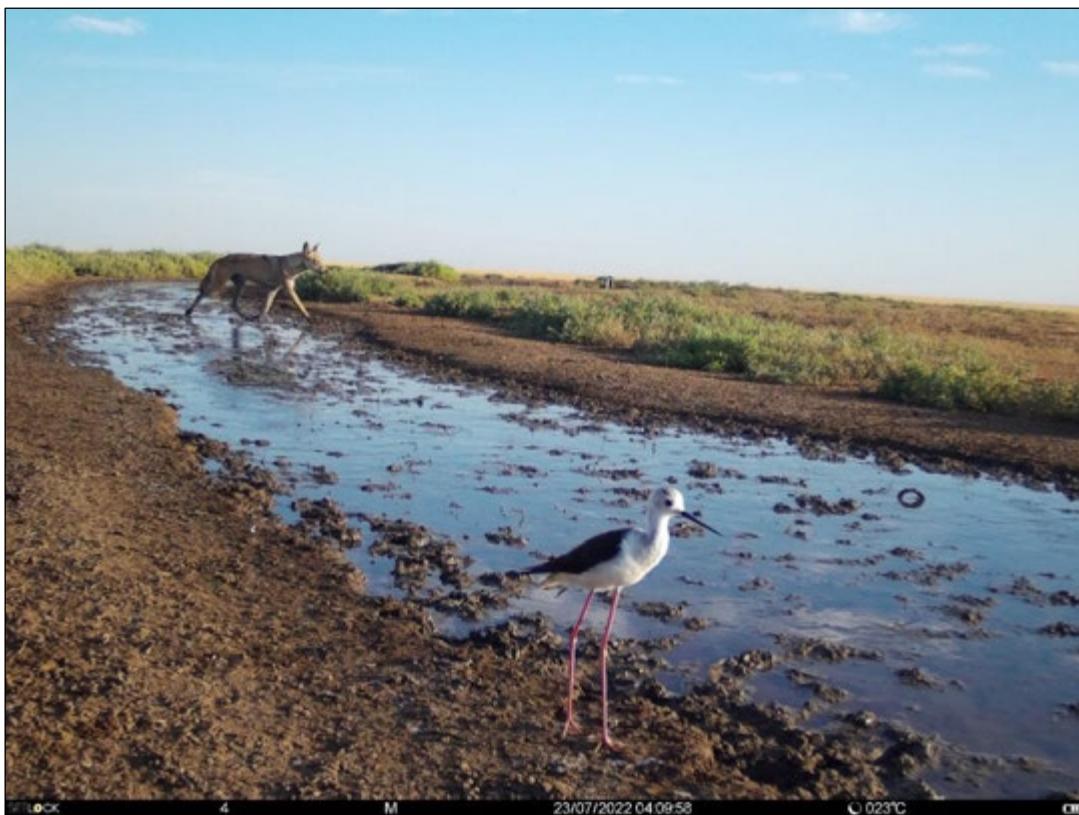


Рис. 6. Волк и ходуличник (Красная книга Российской Федерации, 2021) на артезианской скважине (снято фотоловушкой, из архива заказника «Степной», июль 2022). **Fig. 6.** A wolf in the background and a black-winged stilt (Red Data Book of the Russian Federation) near an artesian well (taken by a camera trap, from the archive of the “Stepnoy” sanctuary, July 2022).

Большое внимание сотрудники заказника уделяют работе с местным населением для повышения уровня экологической культуры и ответственности, привлекая их к участию в различных природоохранных мероприятиях. Особенно плодотворно такая работа (выставки, конкурсы, полевые выезды на территорию заказника) проводится с детьми из различных учебных учреждений не только Астраханской области, но и соседних регионов.

Многолетние попытки содержания и разведения сайгаков в разных зоопарках мира окончились неудачей (Каримова и др., 2017). Но для сохранения генофонда сайгака в России было создано три питомника по разведению и содержанию этих животных: в 2000 г. – питомник «Яшкульский» на базе Центра диких животных Республики Калмыкия (упразднен в 2014 г.); в 2003 г. – питомник «Сайгак» на базе Госохотхозяйства «Астраханское» в Астраханской области и Центр редких животных европейских степей на базе Ассоциации «Живая природа степи» в Ростовской области (Каримова и др., 2017). В результате присоединения Крыма на территории России в 2014 г. появился еще один центр полувольного содержания сайгаков – в Тарханкутском национальном природном парке, куда в 2013 г. из биосферного заповедника «Аскания-Нова» (Украина) были завезены 10 животных, но в настоящее время там сайгаков нет. В этих центрах изучались и изучаются биологические и этологические особенности сайгака, проводятся различные ветеринарные эксперименты, в т.ч. искусственное осеменение, а также выращиваются животные с целью их последующего выпуска в природу.

Показателем успешности работы питомников по содержанию и разведению сайгаков может служить динамика поголовья этих животных. Наибольших успехов в содержании и разведении сайгаков добились в питомнике «Яшкульский», где за 15 лет (2000-2014 гг.) поголовье увеличилось до 220 особей, при том, что из природы было взято всего 56 особей-основателей (рис. 7). В питомнике «Сайгак» (Астраханская область), несмотря на то, что он построен в неподходящем по природным условиям месте, что приводит к частым вспышкам пастереллеза и других болезней, благодаря хорошо отлаженным зоотехническим мероприятиям и ветеринарному контролю, долгое время удавалось поддерживать поголовье на уровне 30-40 особей, и даже проводить эксперименты по выпуску самцов в природу (Каримова и др., 2017). К сожалению, за последние пять лет ситуация изменилась, и в настоящее время в питомнике содержится 8 животных: 6 самцов и 2 самки (С.А. Калашников, личное сообщение). Центр редких животных европейских степей (Ростовская область) в последние годы позиционирует свой питомник как самый успешный и единственный в России (Миноранский, Даньков, 2016). Однако без завоза животных из природы в 2010-2013 гг. здесь происходило постепенное снижение поголовья сайгаков – с 70 до 43 особей. Увеличение поголовья сайгаков в этом Центре произошло только после перевода в 2015-2016 гг. 32 животных в новую обширную по площади вольеру возле поселка Маныч, где в настоящее время обитает около 80 особей (Миноранский и др., 2021).

Разведение сайгаков в питомниках достаточно перспективно. За прошедшие годы уже хорошо разработаны методики содержания, разведения, транспортировки и отлова животных. Как показал опыт питомника «Яшкульский» вполне реально увеличить поголовье животных в десятки раз за короткое время. Для успешного размножения сайгаков необходимы несколько условий – выбор подходящей по природным условиям территории, строительство большой безопасной вольеры, проведение ветеринарных мероприятий, заинтересованные специалисты и поддержка государства.

С 2019 г. сайгак входит в группу из 11 приоритетных видов животных национального проекта «Экология», целью которого является сохранение и восстановление редких и исчезающих видов животных в рамках федерального проекта «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма». В ходе его реализации подготовлено несколько документов, определяющих основные направления деятельности по изучению, ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2022, том 6, № 4

сохранению, защите и восстановлению популяции сайгака:

- дорожная карта по сохранению и восстановлению сайгака до 2024 г.;
- план действий по сохранению антилопы сайгака в Российской Федерации до 2025 года, подготовленный в соответствии с Меморандумом о взаимопонимании по сохранению, восстановлению и устойчивому использованию антилопы сайги;
- стратегия сохранения сайгака в Российской Федерации до 2030 года и План действий по ее реализации.



Рис. 7. Сайгаки в питомнике «Яшкульский» (фото Т.Ю. Каримовой, июнь 2012 г.).
Fig. 7. Saigas in the “Yashkul” Captive Breeding Station (photo by T.Yu. Karimova, June 2012).

Утвержденная в 2021 г. «Стратегия сохранения сайгака в РФ» (Распоряжение ..., 2021) предусматривает принятие ряда мер, направленных на сохранение вида на территории страны. Согласно документу, к 2030-му году численность жизнеспособной популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия должна составить не менее 20 тыс. особей, а площадь ареала – возрасти до 20 тыс. км². Для достижения целей Стратегии необходимо решение ряда задач – совершенствование нормативно-правовой и методической базы в области сохранения сайгака; развитие сети охраняемых территорий; охрана сайгака и сохранение наиболее важных участков его обитания; проведение целого комплекса научных исследований и регулярного мониторинга; оптимизация природопользования в местах обитания сайгака; сохранение резервной популяции сайгаков в полувольных условиях; улучшение работы с населением – экологическое просвещение, развитие экологического туризма и др.

Данные о численности популяции сайгака в Северо-Западном Прикаспии в последние десятилетия носят оценочный характер. Проводится наземный автомобильный учет, который не в состоянии охватить всю область распространения вида. Используемый ранее учет с низко летящего самолета (или вертолета) невозможен ввиду издаваемого ими громкого шума, который может испугать и без того малочисленных сайгаков и привести к их гибели. Перспективным считается метод с использованием спутниковых данных (Рожнов

и др., 2014), но цена на такие снимки высокого разрешения очень высока. В мае 2022 г. Минприроды России приняла разработанную WWF России методику учета сайгака на территории Северо-Западного Прикаспия с использованием беспилотных летательных аппаратов, которая позволит с помощью новейших технологий подсчитывать численность популяции этих животных, а также определять их половозрастную структуру (Учет ..., 2022). Преимущество данной методики заключается в том, что она исключает фактор беспокойства этих пугливых животных, а использование компьютерных программ при подсчетах позволит избежать значительных ошибок. Хочется надеяться, что в ближайшее время мы узнаем реальную численность сайгаков в Северо-Западном Прикаспии.

Заключение

Выработанные в ходе эволюции жизненные стратегии сайгака (раннее вступление в размножение и высокая плодовитость самок, полигамия, стадность, миграции и др.) позволили виду сохраниться со временем мамонтовой фауны в изменяющихся условиях среды. После снижения численности, вызванной естественными причинами, такими как суровые зимы, засухи, болезни и хищники, эти копытные достаточно быстро ее восстанавливают. Но к влиянию человека (интенсивное развитие сельского хозяйства, промысел и браконьерство) сайгаки адаптироваться так и не смогли.

Сохранение популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия и восстановление ее численности в настоящее время зависит в большей степени от тех мер, которые будут предприняты на разных уровнях. Кроме организации эффективной охраны и полномасштабного мониторинга, сюда относятся недопущение фрагментации мест обитания сайгака за счет снятия разного рода препятствий для кочевок, улучшение качества местообитаний, создание новых охраняемых территорий разного уровня в наиболее подходящих местообитаниях и объединение их путем создания экологических коридоров в единую сеть, расширение и активизация эколого-просветительской деятельности. Есть надежда, что утвержденная Минприроды России в 2021 г. «Стратегия сохранения сайгака в Российской Федерации» (Распоряжение ..., 2021), будет способствовать этому.

Благодарности. В заключении авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам заказника «Степной» и его директору В.Г. Калмыкову за многолетнее плодотворное сотрудничество, а также А.Н. Гилеву за предоставленные фотографии, сделанные в заказнике «Степной».

Финансирование. Работа выполнена по теме НИР Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Госзадание № 1021062812203-8 «Фундаментальные проблемы охраны живой природы и рационального использования биоресурсов», а также по теме НИР фундаментальных исследований ИВП РАН за 2022-2024 гг. «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий» (№ FMWZ-2022-0002), № государственной регистрации AAAA-A18-118022090104-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абатуров Б.Д. 2007. Популяция сайгака в России и проблемы ее сохранения // Вестник Российской академии наук. Т. 77. № 9. С. 785-793.

REFERENCES

1. Abaturov BD. Saiga population in Russia and problems of its conservation [Populyatsiya saygaka v Rossii i problemy yeye sokhraneniya] *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*

2. Абатуров Б.Д., Ларионов К.О., Джапова Р.Р., Колесников М.П. 2008. Качество кормов и обеспеченность сайгаков (*Saiga tatarica*) пищевой в условиях восстановительной смены растительности на Черных Землях Калмыкии // Зоологический журнал. Т. 87. № 12. С. 1524-1530.
3. Банников А.Г., Жирнов Л.В., Лебедева Л.С., Фандеев А.А. 1961. Биология сайгака. М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов. 336 с.
4. Барышников Г.Ф., Дмитриева Е.Л., Крахмальная Т.В., Шер А.В. 1998. Происхождение, эволюция и систематика сайгака // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 9-20.
5. Бекенов А.Б., Грачев Ю.А. 1998. Численность сайгаков в XX веке. Казахстан // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 225-227.
6. Близнюк А.И. 1995. Роль хозяйственного освоения территории в изменении численности калмыцкой популяции сайгака // Биота и природная среда Калмыкии. Москва-Элиста. С. 222-244.
7. Близнюк А.И. 2009. Сайгак калмыцкой популяции. Элиста: ЗАО «НПП «Джангар». 554 с.
8. Богун С.А. 2019. Состояние популяции сайгака в заповеднике «Черные земли»: проблемы и перспективы ее сохранения // Научные труды Национального парка «Хвалынский». Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции «Особо охраняемые природные территории: прошлое, настоящее, будущее». Хвалынск, 17-18 октября 2019 г. Саратов: Амирит. С. 7-14.
9. Брагина Т.М. 2015. Сайгачьи переходы в Казахстане взяты под охрану // *Saiga News*. № 19. С. 3-4.
10. Грачев Ю.А., Мелдебеков А.М., Бекенов А.Б. 2009. Численность, структура и воспроизводство популяций сайгака в Казахстане // Степной бюллетень. № 27. С. 47-50.
2. Abaturov BD, Larionov KO, Dzhapova RR, Kolesnikov MP. Forage quality and food supply for saigas (*Saiga tatarica*) under conditions of regenerative vegetation change in the Black Lands of Kalmykia [Kachestvo kormov i obespechennost' saygakov (*Saiga tatarica*) pishchey v usloviyakh vosstanovitel'noy smeny rastitel'nosti na Chernykh Zemlyakh Kalmykii] *Zoological Journal*. 2008;87 (12):1524-1530.
3. Bannikov AG, Zhirnov LV, Lebedeva LS, Fandeev AA. Biology of the saiga [*Biologiya saygaka*]. Moscow: Izd-vo sel'skokhozyaystvennoy literatury, zhurnalov i plakatov, 1961:336.
4. Baryshnikov GF, Dmitrieva EL, Krakhmalnaya TV, Sher AV. Origin, evolution and systematics of the saiga [*Proiskhozhdeniye, evolyutsiya i sistematika saygaka*] *Saiga: phylogeny, systematics, ecology, protection and use [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998:9-20.
5. Bekenov AB, Grachev YuA. The number of saigas in the 20th century. Kazakhstan [*Chislennost' saygakov v KHKH veke. Kazakhstan*] *Saiga: phylogeny, taxonomy, ecology, protection and use [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998:225-227.
6. Bliznyuk AI. The role of economic development of the territory in changing the number of the Kalmyk saiga population [*Rol' khozyaystvennogo osvoyeniya territorii v izmenenii chislennosti kalmytskoy populyatsii saygaka*] *Biota and natural environment of Kalmykia [Biota i prirodnaya sreda Kalmykii]*. Moscow-Elista, 1995:222-244.
7. Bliznyuk AI. Saiga of the Kalmyk population [*Saygak kalmytskoy populyatsii*]. Elista: ZAO “NPP ‘Dzhangar’”, 2009:554.
8. Bogun SA. The state of the saiga population in the Chernye Zemli Nature Reserve: problems and prospects for its conservation [*Sostoyaniye populyatsii saygaka v zapovednike «Chernyye zemli»: problemy i perspektivy yeye sokhraneniya*] *Scientific Works of the Khvalynsky National Park [Nauchnyye trudy Natsional'nogo parka «Khvalynskiy»]* Collection of scientific articles of the VI International Scientific and Practical Conference “Specially Protected

11. *Данилкин А.А.* 2005. Млекопитающие России и сопредельных территорий. Половогие. М.: Товарищество научных изданий КМК. 550 с.
12. *Динесман Л.Г.* 1998. История ареала сайгака в послеледниковые времена // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 54-57.
13. *Жирнов Л.В.* 1982. Возвращенные к жизни (экология, охрана и использование сайгаков). М.: Лесная промышленность. 224 с.
14. *Жирнов Л.В., Бекенов А.Б., Грачев Ю.А., Дуламцэрэн С., Лущекина А.А.* 1998а. Ареал и его изменение в XX в. // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 60-66.
15. *Жирнов Л.В., Дуламцэрэн С., Лущекина А.А.* 1998б. Состояние численности популяций в Китае и Монголии // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 227-229.
16. *Жирнов Л.В., Максимук А.В.* 1998. Численность сайгаков в XX веке. Северо-Западный Прикаспий // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 219-224.
17. *Каримова Т.Ю., Лущекина А.А.* 2018. Особенности пространственного размещения и этологической структуры популяции сайгака на территории заказника «Степной» (Астраханская область) // Экосистемы: экология и динамика. Т. 2. № 1. С. 73-91. [Электронный ресурс <http://www.ecosystemsdynamic.ru> (дата обращения 22.09.2022)].
18. *Каримова Т.Ю., Лущекина А.А., Рожнов В.В.* 2017. Сайгаки в неволе: от содержания и разведения до выпуска в природу. Москва: Т-во научных изданий КМК. 122 с. [*Karimova T.Yu., Lushchekina A.A., Rozhnov V.V.* 2018. Saiga management at zoos and breeding centres: making effective use of the lessons learnt for the restoration of wild saiga populations. М.: KMK Scientific Press Ltd. 119 p.].
- Natural Territories: Past, Present, Future*, Khvalynsk, October 17-18, 2019 [Sbornik nauchnykh statey VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Osobo okhranyayemyye prirodnyye territorii: proshloye, nastoyashcheye, budushcheye”]. Saratov: Amirit, 2019:7-14.
9. Bragina TM. Saiga crossings in Kazakhstan are taken under protection [Saygach'i perekhody v Kazakhstane vzyaty pod okhranu] *Saiga News*. 2015;19:3-4.
10. Grachev YuA, Meldebekov AM, Bekenov AB. Number, structure and reproduction of saiga populations in Kazakhstan [Chislenost', struktura i vosprievodstvo populyatsiy saygaka v Kazakhstane] *Steppe Bulletin [Stepnoy byulleten']*. 2009;27:47-50.
11. Danilkin AA. Mammals of Russia and neighboring territories [Mlekopitayushchiye Rossii i sopredel'nykh territoriy] *Bovids [Polorogiye]*. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2005:550.
12. Dinesman LG. History of the saiga range in the post-glacial period [Istoriya areala saygaka v poslelednikovoye vremya] *Saiga: phylogeny, taxonomy, ecology, protection and use [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998:54-57.
13. Zhirnov LV. Brought back to life (ecology, conservation and use of saigas) [Vozvrashchennyye k zhizni (ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye saygakov)]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1982:224.
14. Zhirnov LV, Bekenov AB, Grachev YuA, Dulamtseren S, Lushchekina AA. The area and its change in the 20th century [Areal i yego izmeneniye v XX v.] *Saiga: phylogeny, taxonomy, ecology, protection and us [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998a:60-66.
15. Zhirnov LV, Dulamtseren S, Lushchekina AA. Population status in China and Mongolia [Sostoyaniye chislennosti populyatsiy v Kitaye i Mongoliy] *Saiga: phylogeny, taxonomy, ecology, protection and use [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998b:227-229.
16. Zhirnov LV, Maksimuk AV. The number of saigas in the 20th century. North-Western Caspian [Chislenost' saygakov v XX veke. Severo-

19. Кириков С.В. 1966. Промысловые животные, природная среда и человек. М.: Наука. 348 с.
20. Красная книга Астраханской области. 2014. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет». 413 с.
21. Красная книга Республики Калмыкия. Т. 1: Животные. 2013. Элиста: ЗАО «НПП «Джангар». 200 с.
22. Красная книга Российской Федерации. Животные. 2021. М.: ФГБУ «ВНИИ Экология». 1128 с.
23. Красная книга Ростовской области. Т. 1: Животные. 2014. Ростов-на-Дону: Минприроды Ростовской области. 280 с.
24. Кузнецова М.В., Холодова М.В., Лущекина А.А. 2002. Филогенетический анализ последовательностей митохондриальных генов 12S и 16S рРНК представителей семейства Bovidae: новые данные // Генетика. Т. 38. № 3. С. 942-950.
25. Левыкин С.В., Казачков Г.В., Яковлев И.Г., Грудинин Д.А. 2015. Сайгак в Оренбуржье: история, легенды, перспективы возвращения // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 17. № 4. С. 174-178.
26. Летопись природы ФГБУ государственного природного биосферного заповедника «Черные земли». Кн. XVIII. 2014. [Электронный ресурс http://zapovednik-chernyezemli.ru/wp-content/uploads/2015/11/Летопись_природы_2014_год.pdf (дата обращения 22.09.2022)].
27. Мельников В.В., Сидоров С.В. 2009. Сайгак в России: современное состояние, сохранение и восстановление // Степной бюллетень. № 27. С. 42-46.
28. Милнер-Гуллан Э.Дж., Хагес П., Быкова Е., Буувейбаатар Б., Чимеддорж Б., Каримова Т., Лущекина А., Салемгареев А., Мейбом С., Цутер Ш. 2020. Устойчивое использование антилопы сайги: обзор и перспективы. Предварительный отчет для Конвенции ООН по сохранению мигрирующих видов диких животных и Федерального агентства по охране природы Германии. 129 с. [Электронный ресурс <https://www.cms.int/sites/default/files/docum>
- Zapadnyy Prikaspiy] Saiga: phylogeny, taxonomy, ecology, protection and use [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye].* Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998:219-224.
17. Karimova TYu, Lushchekina AA. Features of the spatial distribution and ethological structure of the saiga population on the territory of the Stepnoy sanctuary (Astrakhan region) [Osobennosti prostranstvennogo razmeshcheniya i etologicheskoy struktury populyatsii saygaka na territorii zakaznika «Stepnoy» (Astrakhanskaya oblast')] *Ecosystems: Ecology and Dynamics.* 2018;2 (1):73-91, Available at <http://www.ecosystemsdynamic.ru> (Date of Access 22/09/2022).
18. Karimova TYu, Lushchekina AA, Rozhnov VV. Saiga management at zoos and breeding centres: making effective use of the lessons learned for the restoration of wild saiga populations. Moscow: T-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2018;119.
19. Kirikov SV. Game animals, natural environment and man [Promyslovyye zhivotnyye, prirodnaia sreda i chelovek]. Moscow: Nauka, 1966:348.
20. Red Data Book of the Astrakhan region [Krasnaya kniga Astrakhanskoy oblasti]. Astrakhan: Izdatel'skiy dom “Astrakhanskiy universitet”, 2014:413.
21. Red Book of the Republic of Kalmykia [Krasnaya kniga Respubliki Kalmykiya] Animals [Zhivotnyye]. Elista: ZAO “NPP ‘Dzhangar’”, 2013;1:200.
22. Red Data Book of the Russian Federation [Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii] Animals [Zhivotnyye]. Moscow: FGBU “VNII Ekologiya”, 2021: 1128.
23. Red Data Book of the Rostov Region [Krasnaya kniga Rostovskoy oblasti] Animals [Zhivotnyye]. Rostov-on-Don: Minprirody Rostovskoy oblasti, 2014;1:280.
24. Kuznetsova MV, Kholodova MV, Lushchekina AA. Phylogenetic analysis of the 12S and 16S rRNA mitochondrial gene sequences of representatives of the Bovidae family: new data [Filogeneticheskiy analiz posledovatel'nostey mitokhondrial'nykh genov 12S i 16S rRNK predstaviteley semeystva Bovidae: novyye dannyye]. *Genetics.* 2002;38 (3):942-950.
25. Levykin SV, Kazachkov GV, Yakovlev IG, Grudinin DA. Saiga in the Orenburg region: history, legends, prospects for return [Saygak v Orenburzh'ye: istoriya, legendy, perspektivy vozvrashcheniya] *Proc. of the Samara Scientific*

- ent/unep-cms_saiga_mos4_doc.7_rev.1_sustainable-use-saiga-antelopes_ru.pdf (дата обращения 22.09.2022)]. [Milner-Gulland E.J., Hughes P., Bykova E., Buuveibaatar B., Chimeddorj B., Karimova T.Yu., Lushchekina A.A., Salemgareyev A., von Meibom S., Zuther S. 2021. The Sustainable Use of Saiga Antelopes: Perspectives and Prospects. The Bundesamt für Naturschutz and the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. 117 p.].
29. Миноранский В.А., Даньков В.И. 2016. Сайгак (*Saiga tatarica L.*) – исчезающий в России вид // Юг России: экология, развитие (серия «Экология животных»). Т. 11. № 1. С. 88-103.
30. Миноранский В.А., Узденов А.М., Даньков В.И., Малиновская Ю.В. 2022. Проблемы сохранения сайгака (*Saiga tatarica L.*) в России и разведения его в искусственных условиях // Биологическое разнообразие азиатских степей. Материалы IV международной научной конференции, 14 апреля 2022 г., Костанай, Казахстан. Костанай: КРУ им. А. Байтурсынова. С. 32-36.
31. Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий республиканского значения. Постановление Правительства Республики Казахстан от 26 сентября 2017 года. № 593. 2022. [Электронный ресурс <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000593> (дата обращения 22.09.2022)].
32. Пальцын М.Ю. 2016. Оценка потенциальной пригодности местообитаний степных копытных в Республике Калмыкия и Забайкальском крае. Отчет по проекту ПРООН/ГЭФ 00072294 «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России» [Электронный ресурс http://savesteppe.org/project/docs/report_final_habitat-model_ungulates2016.pdf (дата обращения 22.09.2022)].
33. Поголовье скота на 1 декабря 2019 г. 2019 [Электронный ресурс https://astrastat.gks.ru/storage/mediabank/Поголовье_скота_на_1_декабря_2019.pdf (дата обращения 22.09.2022)].
- Center of the Russian Academy of Sciences [*Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*]. 2015;17 (4):174-178.
26. Chronicle of Nature of the Federal State Budgetary Institution of the State Natural Biosphere Reserve “Chernye Zemli”, Book XVIII [*Letopis' prirody FGBU gosudarstvennogo prirodnoho biosfernogo zapovednika “Chernyye zemli”*]. 2014, Available at http://zapovednik-chernyezemli.ru/wp-content/uploads/2015/11/Летопись_природы_2014_год.pdf (Date of Access 22/09/2022).
27. Melnikov VV, Sidorov SV. Saiga in Russia: Current State, Conservation and Restoration [Saygak v Rossii: sovremennoye sostoyaniye, sokhraneniye i vosstanovleniye] *Steppe Bulletin*. 2009;27:42-46.
28. Milner-Gulland EJ, Hughes P, Bykova E, Buuveibaatar B, Chimeddorj B, Karimova TYu, Lushchekina AA, Salemgareyev A, von Meibom S, Zuther S. The Sustainable Use of Saiga Antelopes: Perspectives and Prospects. The Bundesamt für Naturschutz and the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals, 2021:117.
29. Minoransky VA, Dankov VI. Saiga antelope (*Saiga tatarica L.*) is an endangered species in Russia [Saygak (*Saiga tatarica L.*) – исчезающий в России вид] *South of Russia: ecology, development (Series “Animal Ecology”) [Yug Rossii: ekologiya, razvitiye (seriya “Ekologiya zhivotnykh”)]*. 2016;11 (1):88-103.
30. Minoransky VA, Uzdenov AM, Dankov VI, Malinovskaya YuV. Problems of conservation of the saiga (*Saiga tatarica L.*) in Russia and breeding it in artificial conditions [Problemy sokhraneniya sayaka (*Saiga tatarica L.*) v Rossii i razvedeniya yego v iskusstvennykh usloviyakh] *Biological diversity of Asian steppes [Biologicheskoye raznoobrazhiye aziatskikh stepey]* Proc. of the IV International Scientific Conference, April 14, 2022, Kostanay, Kazakhstan [Materialy IV mezdunarodnoy nauchnoy konferentsii]. Kostanay: KRU im. A. Baytursynova, 2022:32-36.
31. On approval of the list of specially protected natural areas of republican significance [Ob utverzhdenii perechnya osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy respublikanskogo znacheniya] Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 593, issued on 26/09/2017 [Postanovleniye Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan]. 2022, Available at <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000593> (Date of Access 22/09/2022).

34. Распоряжение Минприроды России от 11.08.2021 N 30-Р «Об Утверждении Стратегии Сохранения сайгака в Российской Федерации». 2021. [Электронный ресурс <https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Minprirody-Rossii-ot-11.08.2021-N-30-r/> (дата обращения 22.09.2022)].
35. Рожнов В.В., Ячменникова А.А., Добрынин Д.В. 2014. О возможности выявления сайгака (*Saiga tatarica*) на спутниковых снимках высокого разрешения // Доклады Академии наук. Т. 459. № 6. С. 769-773.
36. Сайгаки уничтожают посевы саратовских фермеров. 2022. [Электронный ресурс <https://gtrk-saratov.ru/sajgaki-unichtozhayut-posevy-saratovskih-fermerov/> (дата обращения 22.09.2022)].
37. Сайгачья считалочка [Электронный ресурс <https://zapovednik-chernyezemli.ru/без-рубрики/сайгачья-считалочка/> (дата обращения 22.09.2022)].
38. Сидоров С.В., Букреева О.М. 1999. Популяционные циклы сайгака Северо-Западного Прикаспия // VI Съезд териологического общества. М.: Изд-во Россельхозакадемии. С. 232.
39. Состояние биоразнообразия в мире для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Краткий обзор. 2019. Комиссия по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства ФАО. 16 с. [Электронный ресурс <https://www.fao.org/3/CA3229RU/ca3229ru.pdf> (дата обращения 22.09.2022)].
40. Судьба сайгаков в Казахстане: что говорят экологи, ученые и о чем заявляют фермеры. 2022. [Электронный ресурс https://www.inform.kz/tu/sud-ba-saygakov-v-kazahstane-chto-govoryat-ekologi-uchenye-i-o-chem-zayavlyayut-fermery_a3952746 (дата обращения 22.09.2022)].
41. Уголовный кодекс Российской Федерации. 2017. [Электронный ресурс <http://stykrf.ru> (дата обращения 22.09.2022)].
42. Уголовный кодекс Республики Казахстан от 3 июля 2014 года № 226-В
32. Paltsyn MYu. Assessment of the potential suitability of habitats for steppe ungulates in the Republic of Kalmykia and the Trans-Baikal Territory [*Otsenka potentsial'noy prigodnosti mestoobitaniy stepnykh kopytnykh v Respublike Kalmykiya i Zabaykal'skom kraye*] Report on the UNDP/GEF project No. 00072294 “Improving the system and management mechanisms for protected areas in the steppe biome of Russia” [*Otchet po proyektu PROON/GEF 00072294 “Sovershenstvovaniye sistemy i mekhanizmov upravleniya OOPT v stepnom biome Rossii”*]. 2016, Available at http://savesteppe.org/project/docs/report_final_habitat-model_ungulates2016.pdf (Date of Access 22/09/2022).
33. Livestock as of 01/12/2019 [*Pogolov'ye skota na 1 dekabrya 2019 g.*]. 2019, Available at https://astrastat.gks.ru/storage/mediabank/Поголовье_скота_на_1_декабря_2019.pdf (Date of Access 22/09/2022).
34. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia No. 30-R, issued on 08/11/2021 [*Rasporyazheniye Minprirody Rossii*] “On Approval of the Saiga Conservation Strategy in the Russian Federation” [*“Ob Utverzhdenii Strategii Sokhraneniya saygaka v Rossiyskoy Federatsii”*]. 2021, Available at <https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Minprirody-Rossii-ot-11.08.2021-N-30-r/> (Date of Access 22/09/2022).
35. Rozhnov VV, Yachmennikova AA, Dobrynin DV. On the possibility of identifying the saiga (*Saiga tatarica*) on high-resolution satellite images [O vozmozhnosti vyavleniya saygaka (*Saiga tatarica*) na sputnikovykh snimkakh vysokogo razresheniya] *Reports of the Academy of Sciences [Doklady Akademii nauk]*. 2014;459 (6):769-773.
36. Saigas destroy the crops of Saratov farmers [*Saygaki unichtozhayut posevy saratovskikh fermerov*]. 2022, Available at <https://gtrk-saratov.ru/sajgaki-unichtozhayut-posevy-saratovskih-fermerov/> (Date of Access 22/09/2022).
37. Counting rhyme about saiga [*Saygach'ya schitalochka*]. 2022, Available at <https://zapovednik-chernyezemli.ru/без-рубрики/сайгачья-считалочка/> (Date of Access 22/09/2022).
38. Sidorov SV, Bukreeva OM. Population cycles of the saiga in the North-Western Caspian [*Populyatsionnyye tsikly saygaka Severo-Zapadnogo Prikaspiya*] VI Congress of the

- (с изменениями и дополнениями по состоянию на 12.09.2022 г.). 2022. [Электронный ресурс https://online.zakon.kz/document/?doc_id=31575252&pos=363;-48#pos=363;-48 (дата обращения 22.09.2022)].
43. Учет сайгаков Северо-Западного Прикаспия будут вести с помощью беспилотников. 2022. [Электронный ресурс https://tass.ru/obschestvo/14551515?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (дата обращения 22.09.2022)].
44. Чимеддорж Б., Сергелен Э., Бүвэйбатар Б. 2016. Влияние антропогенных факторов на распространение и перемещение сайгаков в Западной Монголии // Saiga News. № 21. С. 35-37.
45. Шер А.В. 1967. Исследование сайги на севере Восточной Сибири и Аляски // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. № 33. С. 97-112.
46. Baryshnikov G.F., Tikhonov A.N. 1994. Notes on skulls of Pleistocene Saiga of Northern Eurasia // Historical Biology. Vol. 4. P. 209-234.
47. Briggs J.C. 2017. Emergence of a sixth mass extinction? // Biological Journal of the Linnean Society. Vol. 122. Is. 2. P. 243-248.
48. Buuveibaatar B., Fuller T.K., Fine A.E., Chimededorj B., Young J.K., Berger J. 2013. Changes in grouping patterns of saiga in relation to intrinsic and environmental factors in Mongolia // Journal of Zoology. Vol. 29. P. 51-58.
49. Clark E.L., Javzansuren M., Dulamtseren J., Baillie E.M., Batsaikhan N., Samiya R., Stubbe M. 2006. Mongolian Red List of Mammals. London: Zoological Society of London. P. 64-66.
50. Ceballos G., Ehrlich P.R., Dirzob R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines // Proceedings of the National Academy of Sciences. No. 114 (30). P. E6089-E6096. [Электронный ресурс <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1704949114> (дата обращения 22.09.2022)].
51. Fewer than 3800 Mongolian Saiga *Theriological Society [VI S'yezd teriologicheskogo obshchestva]*. Moscow: Izdatel'stvo Rossel'khozakademii, 1999:232.
39. State of the world's biodiversity for food and agriculture [*Sostoyaniye bioraznoobraziya v mire dlya proizvodstva prodovol'stviya i vedeniya sel'skogo khozyaystva*] Short Review [*Kratkiy obzor*]. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 2019:16, Available at <https://www.fao.org/3/CA3229RU/ca3229ru> (Date of Access 22/09/2022).
40. The fate of saigas in Kazakhstan: what ecologists, scientists say and what farmers say [*Sud'ba saygakov v Kazakhstane: chto govoryat ekologi, uchenyye i o chem zayavlyayut fermery*]. 2022, Available at https://www.inform.kz/ru/sud-ba-saygakov-v-kazahstane-chto-govoryat-ekologi-uchenye-i-o-chem-zayavlyayut-fermery_a3952746 (Date of Access 22/09/2022).
41. The Criminal Code of the Russian Federation [*Ugolovnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii*]. 2017, Available at <http://stykrf.ru> (Date of Access 22/09/2022).
42. The Criminal Code of the Republic of Kazakhstan No. 226-V as of 03/06/2014 (with changes and additions as of 09/12/2022) [*Ugolovnyy kodeks Respubliki Kazakhstan (s izmeneniyami i dopolneniyami)*]. 2022, Available at https://online.zakon.kz/document/?doc_id=31575252&pos=363;-48#pos=363;-48 (Date of Access 22/09/2022).
43. Saigas census in the North-Western Caspian region will be carried out using drones [*Uchet saygakov Severo-Zapadnogo Prikasiya budut vesti s pomoshch'yu bespilotnikov*]. 2022, Available at https://tass.ru/obschestvo/14551515?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (Date of Access 22/09/2022).
44. Chimededorj B, Sergelen E, Buweibatar B. The impact of anthropogenic factors on the distribution and movement of saigas in Western Mongolia [*Vliyaniye antropogennyykh faktorov na rasprostraneniye i peremeshcheniye saygakov v Zapadnoy Mongoliy*] Saiga News. 2016;21:35-37.
45. Sher AV. Fossil saiga in the north of Eastern Siberia and Alaska [*Isskopayemaya sayga na severе Vostochnoy Sibiri i Alyaski*] Bulletin of the commission for the study of the Quaternary period [*Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*]. 1967;33:97-112.
46. Baryshnikov GF, Tikhonov AN. Notes on skulls

- antelopes remain in Mongolia: WWF. 2019. [Электронный ресурс] <https://www.wwf.mg/?344814/Fewer-than-3800-Mongolian-Saiga-antelopes-remain-in-Mongolia-WWF> (дата обращения 22.09.2022)].
52. Gao X., Xu W., Yang W., Blank D., Qiao J.F., Xu K.F. 2011. Status and distribution of ungulates in Xinjiang, China // *Journal of Arid Land.* Vol. 3. No. 1. P. 49-60.
 53. Karimova T.Yu., Lushchekina A.A., Neronov V.M. 2021. Saiga Populations of Russia and Kazakhstan: Current Status and Retrospective Analysis of Some Biological Parameters // *Arid Ecosystems.* Vol. 11. P. 164-172 [Каримова Т.Ю., Лущекина А.А., Неронов В.М. 2021. Современное состояние и ретроспективный анализ популяций сайгака России и Казахстана // Аридные экосистемы. Т. 27. № 2 (87). С. 57-67.]].
 54. Karimova T.Yu., Lushchekina A.A., Neronov V.M., Pyurvenova N.Yu., Arylov Yu.N. 2020. Biological features of the Northwest Pre-Caspian Saiga population at different sizes // *Arid Ecosystems.* Vol. 10. No. 4. P. 298-304 [Каримова Т.Ю., Лущекина А.А., Неронов В.М., Пюрвенова Н.Ю., Арылов Ю.Н. 2020. Биологические особенности популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия в периоды разной численности // Аридные экосистемы. Т. 26. № 4 (85). С. 51-58.].
 55. Kuhl A., Balinova N., Bykova E., Arylov Yu., Esipov A., Lushchekina A., Milner-Gulland E.J. 2009. The role of saiga poaching in rural communities: Linkages between attitudes, socio-economic circumstances and behavior // *Biological Conservation.* Vol. 143. P. 1442-1449.
 56. Lushchekina A.A., Dulamtseren S., Amgalan L., Neronov V.M. 1999. The status and prospects for conservation of the Mongolian saiga *Saiga tatarica mongolica* // *Oryx.* Vol. 33. P. 21-30.
 57. Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference. 2005 / Eds. D.E. Wilson, D.M. Reeder. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 2142 p.
 58. Milner-Gulland E.J., Bukreeva O.M., Coulson T., Lushchekina A.A., Kholodova M.V., Bekenov A.B., Grachev I.A. 2003. of Pleistocene Saiga of Northern Eurasia. *Historical Biology.* 1994;4:209-234.
 47. Briggs JC. Emergence of a sixth mass extinction? *Biological Journal of the Linnean Society.* 2017;122 (2):243-248.
 48. Buuveibaatar B, Fuller TK, Fine AE, Chimeddorj B, Young JK, Berger J. Changes in grouping patterns of saiga in relation to intrinsic and environmental factors in Mongolia. *Journal of Zoology.* 2013;29:51-58.
 49. Clark EL, Javzansuren M, Dulamtseren J, Baillie EM, Batsaikhan N, Samiya R, Stubbe M. Mongolian Red List of Mammals. London: Zoological Society of London, 2006:64-66.
 50. Ceballos G, Ehrlich PR, Dirzob R. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proc. of the National Academy of Sciences.* 2017;114 (30):E6089-E6096, Available at <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1704949114> (Date of Access 22/09/2022).
 51. Fewer than 3800 Mongolian Saiga antelopes remain in Mongolia: WWF. 2019, Available at <https://www.wwf.mg/?344814/Fewer-than-3800-Mongolian-Saiga-antelopes-remain-in-Mongolia-WWF> (Date of Access 22/09/2022).
 52. Gao X, Xu W, Yang W, Blank D, Qiao JF, Xu KF. Status and distribution of ungulates in Xinjiang, China. *Journal of Arid Land.* 2011;3 (1):49-60.
 53. Karimova TYu, Lushchekina AA, Neronov VM. Saiga Populations of Russia and Kazakhstan: Current Status and Retrospective Analysis of Some Biological Parameters. *Arid Ecosystems.* 2021;11:164-172.
 54. Karimova TYu, Lushchekina AA, Neronov VM, Pyurvenova NYu, Arylov YuN. Biological features of the Northwest Pre-Caspian Saiga population at different sizes. *Arid Ecosystems.* 2020;10 (4):298-304.
 55. Kuhl A, Balinova N, Bykova E, Arylov Yu, Esipov A, Lushchekina A, Milner-Gulland EJ. The role of saiga poaching in rural communities: Linkages between attitudes, socio-economic circumstances and behavior. *Biological Conservation.* 2009;143:1442-1449.
 56. Lushchekina AA, Dulamtseren S, Amgalan L, Neronov VM. The status and prospects for conservation of the Mongolian saiga *Saiga tatarica mongolica*. *Oryx.* 1999;33:21-30.
 57. Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference / eds. D.E. Wilson,

- Reproductive collapse in saiga antelope harems // *Nature*. Vol. 422. P. 135.
59. Mongolian saiga population hits 10,077. 2021 [Электронный ресурс https://m.akipress.com/news:664939:Mongolian_saiga_population_hits_10,077 (дата обращения 22.09.2022)].
60. Neronov V.M., Arylova N.Yu., Dubinin M.Yu., Karimova T.Yu., Lushchekina A.A. 2013. Current state and prospects of preserving saiga antelope in Northwest Pre-Caspian region // *Arid Ecosystems*. Vol. 3. P. 57-64 [Неронов В.М., Арылова Н.Ю., Дубинин М.Ю., Каримова Т.Ю., Лущекина А.А. 2013. Современное состояние и перспективы сохранения сайгака в Северо-Западном Прикаспии // Аридные экосистемы. Т. 19. № 2 (55). С. 5-14.]
61. The global assessment report on biodiversity and ecosystem services. 2019. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). 60 p. [Электронный ресурс https://ipbes.net/sites/default/files/inline/files/IPBES_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf (дата обращения 22.09.2022)].
- D.M. Reeder. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005:2142.
58. Milner-Gulland EJ, Bukreeva OM, Coulson T, Lushchekina AA, Kholodova MV, Bekenov AB, Grachev IA. Reproductive collapse in saiga antelope harems. *Nature*. 2003;422:135.
59. Mongolian saiga population hits 10,077. 2021, Available at https://m.akipress.com/news:664939:Mongolian_saiga_population_hits_10,077 (Date of Access 22/09/2022).
60. Neronov VM, Arylova NYu, Dubinin MYu, Karimova TYu, Lushchekina AA. Current state and prospects of preserving saiga antelope in Northwest Pre-Caspian region. *Arid Ecosystems*. 2013;3 (2):57-64.
61. The global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). 2019:60, Available at https://ipbes.net/sites/default/files/inline/files/IPBES_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf (Date of Access 22/09/2022).

UDC 599.735.53:591.5

THE PAST AND PRESENT OF SAIGA IN RUSSIA: IS THERE A FUTURE?

© 2022. T.Yu. Karimova*, **, A.A. Lushchekina*, V.M. Neronov*,
Yu.N. Arylov***, N.Yu. Pyurvenova****

*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences
33, Leninsky Prospekt, Moscow, 119071, Russia. E-mail: ruseabcom@gmail.com

**Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences
3, Gubkina Str., Moscow, 119333, Russia. E-mail: katayur@gmail.com

***B.B. Gorodovikov Kalmyk State University
11, Pushkina Str., Elista, 358000, Russia. E-mail: kalmsaiga@mail.ru

****Independent Researcher
54a, Germasheva Per., Elista, 358001, Russia. E-mail: arylova@gmail.com

Received November 01, 2022. Revised November 10, 2022. Accepted December 01, 2022.

The evolutionary strategies of the saiga antelope, such as an early reproductive ability, high female fertility, polygamy, herd instinct and migration, have been helping them to survive since the Late Pleistocene in the changing environmental conditions. In the Holocene they were forced to coexist with humans, and so a new stage in their history began. Aside from the mass hunting, exterminating the saigas, the human impact on their habitat has also increased due to the widespread

agriculture, especially in Western Europe, which eventually reduced the species' range. By the early 20th century, only a few patches of their large range remained: the untouched places of the lower reaches of the Volga River in Europe; Ustyurt, Betpak-Dala, the Ili-Karatral interfluvium, China and Mongolia in Asian territory. The conservation measures implemented in the 1920s by the Soviet Union government preserved five saiga populations that currently exist in the world. Four of them (Northwest Pre-Caspian population in Russia; Ural population in Kazakhstan, Russia; Ustyurt population in Kazakhstan, Uzbekistan, Turkmenistan, Russia; Betpakkala population in Kazakhstan, Russia) belong to the nominate subspecies *S. t. tatarica*, while the fifth one (*S. t. mongolica* (=*S. borealis*)) inhabit Western Mongolia. Since the end of the 20th century, the state of the Northwest Pre-Caspian population has been of particular concern. The reason for that is the severe decrease in its number (from 800,000 in 1958 to 5,000 in 2015), and of its main habitat (from 60,000-70,000 km² to 2,000-3,000 km²). A significant part of this population switched to a sedentary lifestyle in the protected areas of the "Chernyye Zemli" ecological region. A long-term shortage of mature males (<10%) slowed down the population growth and, consequently, decreased its numbers. However, thanks to various protective measures, the Northwest Pre-Caspian population has been gradually growing since 2016, and reached 18,000-19,000 in 2022. The further growth depends on the effectiveness of the actions that are supposed to be carried out as part of the "Strategy for the Conservation of the Saiga in the Russian Federation". In addition to effective protection and full-scale monitoring, the strategy includes the removal of various obstacles that hinder saiga migration and cause habitat fragmentation; improving the quality of the habitats; creating new protected areas on different levels in the most suitable habitats and their integration into a single network via ecological corridors; development and expansion of environmental education activities.

Keywords: saiga, saiga population, animal numbers, range, Northwest Pre-Caspian Region, saiga preservation.

Acknowledgements. The authors express their sincere gratitude to the staff of the "Stepnoy" sanctuary and its director V.G. Kalmykov for all these years of fruitful cooperation. The authors also thank A.N. Gilev for the photographs that were taken in the "Stepnoy" sanctuary.

Funding. The work was carried out for the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences as part of the research work "Fundamental Problems of Wildlife Protection and Rational Use of Bioresources", State Assignment No. 1021062812203-8, as well as for the Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences as part of the research work for 2022-2024 "Study of Geoeological Processes in Hydrological Systems of Land, Formation of the Quality of Surface and Ground Waters, Problems of Water Resources Management and Water Use under Conditions of Climate Change and Anthropogenic Impact", No. FMWZ-2022-0002, State Registration No. AAAA-A18-118022090104-8.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-4-5-27

EDN: OWBPWB

===== DYNAMICS OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS =====

UDC 599.735.53:591.5

THE PAST AND PRESENT OF SAIGA IN RUSSIA: IS THERE A FUTURE?

© 2022. T.Yu. Karimova*, **, A.A. Lushchekina*, V.M. Neronov*,
Yu.N. Arylov***, N.Yu. Pyurvenova****

**A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences
33, Leninsky Prospekt, Moscow, 119071, Russia. E-mail: rusmabcom@gmail.com*

***Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences
3, Gubkina Str., Moscow, 119333, Russia. E-mail: katayur@gmail.com*

****B.B. Gorodovikov Kalmyk State University
11, Pushkina Str., Elista, 358000, Russia. E-mail: kalmsaiga@mail.ru*

*****Independent Researcher*

54a, Germasheva Per., Elista, 358001, Russia. E-mail: arylova@gmail.com

Received November 01, 2022. Revised November 10, 2022. Accepted December 01, 2022.

The evolutionary strategies of the saiga antelope, such as an early reproductive ability, high female fertility, polygamy, herd instinct and migration, have been helping them to survive since the Late Pleistocene in the changing environmental conditions. In the Holocene they were forced to coexist with humans, and so a new stage in their history began. Aside from the mass hunting, exterminating the saigas, the human impact on their habitat has also increased due to the widespread agriculture, especially in Western Europe, which eventually reduced the species' range. By the early 20th century, only a few patches of their large range remained: the untouched areas of the lower reaches of the Volga River in Europe; Ustyurt, Betpak-Dala, the Ili-Karatral interfluve, China and Mongolia in Asian territory. The conservation measures implemented in the 1920s by the Soviet Union government preserved five saiga populations that currently exist in the world. Four of them (Northwest Pre-Caspian population in Russia; Ural population in Kazakhstan, Russia; Ustyurt population in Kazakhstan, Uzbekistan, Turkmenistan, Russia; Betpakkala population in Kazakhstan, Russia) belong to the nominate subspecies *S. t. tatarica*, while the fifth one (*S. t. mongolica* (=*S. borealis*)) inhabit Western Mongolia. Since the end of the 20th century, the state of the Northwest Pre-Caspian population has been of particular concern. The reason for that is the severe decrease in its number (from 800,000 in 1958 to 5,000 in 2015), and of its main habitat (from 60,000-70,000 km² to 2,000-3,000 km²). A significant part of this population switched to a sedentary lifestyle in the protected areas of the "Chernyye Zemli" ecological region. A long-term shortage of mature males (<10%) slowed down the population growth and, consequently, decreased its numbers. However, thanks to various protective measures, the Northwest Pre-Caspian population has been gradually growing since 2016, and reached 18,000-19,000 in 2022. The further growth depends on the effectiveness of the actions that are supposed to be carried out as part of the "Strategy for the Conservation of the Saiga in the Russian Federation". In addition to effective protection and full-scale monitoring, the strategy includes the removal of various obstacles that hinder saiga migration and cause habitat fragmentation; improving the quality of the habitats; creating new protected areas on different levels in the most suitable habitats and their integration into a single network via ecological corridors; development and expansion of environmental education activities.

Keywords: saiga, saiga population, animal numbers, range, Northwest Pre-Caspian Region, saiga preservation.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-4-28-49

EDN: QVMVAB

In recent years biodiversity has been decreasing at an unprecedented rate, seriously undermining the ability of the biosphere to support life on planet Earth. According to experts,

about a million species of plants and animals are currently endangered (The Global ..., 2019). As a result, the most important ecosystems that provide many ecological services, including those needed for food production and agriculture development, are being destroyed rapidly, which may lead to food shortages and health deterioration of the humanity (State of ..., 2019). The disappearance of some populations among the most species of large mammals is of particular concern, because it has been happening for the past 100-200 years, while their numbers and the areas of their ranges keep generally declining (Ceballosa et al., 2017). The reasons for that are climate change, environmental pollution, changing systems of land use, as well as the direct danger of recreational hunting, large-scale fishing and poaching (Briggs, 2017). As a result, the loss of one population at first and the entire species of vertebrates later will lead to the destruction of complex ecological networks that include animals, plants and microorganisms.

Today all ungulates that have ever lived in the arid territories of Russia, such as saiga, Mongolian gazelle, onager and Przewalski's horse, are listed in the "Red Data Book of the Russian Federation" (2021), but only saiga and gazelle can still be found in the country. The state of the saiga population has been of great concern since the late 90s of the 20th century, because it is the only European antelope the habitat of which is located in the Northwest Pre-Caspian Region, although in the recent past it was a common and numerous species in the southern regions of the European part of Russia.

Evolution, Taxonomy and Range of Saiga

Despite the long history of saiga and its belonging to the so-called "mammoth" fauna of Eurasia, it is unknown where the genus *Saiga* originates from. Those fossil remains that were found in sediments are never older than the Middle Pleistocene, which indicates a wide distribution of the species in Eurasia and America, as well as that it does not differ from the modern species both morphologically and ecologically. These facts suggest that the saiga ancestors came from the Caprinae group in the second half of the Miocene or in the early Pliocene (Baryshnikov et al., 1998). During the Quaternary period, the saiga inhabited vast tundra steppes, from the British Isles in the west to Alaska and northwestern Canada in the east, from the New Siberian Islands in the north to the Caucasus in the south. The increasing climate warmth and humidity at the turn of the Pleistocene and Holocene erased tundra steppes, making the saiga adapt to xerophytic steppe and desert landscapes on the southern periphery of its former range. The dynamics of the spatial structure of its range was always determined by the physical and geographical factors, but a new factor was added at the beginning of the Holocene: the necessity to learn and coexist with humans. In addition to mass hunting, the influence of people on the saiga habitat began to increase due to their widespread farming, especially in Western Europe, which then started to shape the species range.

According to the many scientists (Baryshnikov et al., 1998; Kuznetsova et al., 2002), this antelope is the only species of the genus *Saiga*, which has 5 subspecies: 3 are extinct – *Saiga tatarica binagadensis* (Transcaucasia), *S. t. prisca* (Europe and Western Siberia), *S. t. borealis* (Eastern Siberia and Alaska); 2 are still present – the nominate *Saiga tatarica tatarica* Linnaeus, 1766 (distributed on the vast plains in the Northwest Pre-Caspian Region, Kazakhstan, Central Asia, Western Dzungaria) and *Saiga tatarica mongolica* Bannikov, 1946 (small range in Mongolia). Other scientists (Sher, 1967; Baryshnikov, Tikhonov, 1994) suggest that there were two species in the Pleistocene: the European-Kazakh (*S. tatarica*) and the East Siberian-American (*S. borealis*). Based on this information and on the slight morphological differences between these two subspecies, the latest edition of "Mammal Species of the World" (2005) gave them the status of species, and the Mongolian saiga was named *S. borealis* Tschersky, 1876, as reflected in some of the official documents that define the distribution of *S. tatarica*.

and *S. borealis* in Eurasia.

As a mass species of the open arid territories, the saiga was a valuable commercial animal and played an important role in the life of steppe nomads. In the early 18th century, its range extended from the Black Sea steppes in the west to the arid territories of China and Mongolia in the east (Kirikov, 1966; Dinesman, 1998; Fig. 1). However, in the first half of the 19th century, due to hunting and land development, its range was divided into 3 separate parts: European (Eastern Europe), Middle Asian (Kazakhstan, Uzbekistan, Turkmenistan), Central Asian (Mongolia, China). In the second half of the 19th century, due to people quickly populating the steppes, the saiga almost completely disappeared from Europe, and its Asian range also decreased drastically. As a result, by the beginning of the 20th century, only a few patches of its once vast range remained: the untouched areas of the lower reaches of the Volga River in Europe; Ustyurt, Betpak-Dala, the Ili-Karatral interfluvium, China and Mongolia in Asian territory. The total number of saiga in the territory of the former USSR was about 1000 heads (Bannikov et al., 1961), meaning that the species was on the verge of extinction, and so it was decided to increase protection measures. After the saiga hunting was banned in the European part of Russia in 1921, and in Kazakhstan and Central Asia in 1923, as well as after the export of the saiga horns over the border of the USSR was stopped in the early 1930s, the species finally began to recover (Zhirnov, 1982). In 1952 in the Northwest Pre-Caspian Region there were 180,000 animals, while the maximum number in the USSR in the entire history of census was recorded in 1974, when the amount of saiga reached 1,650,000.

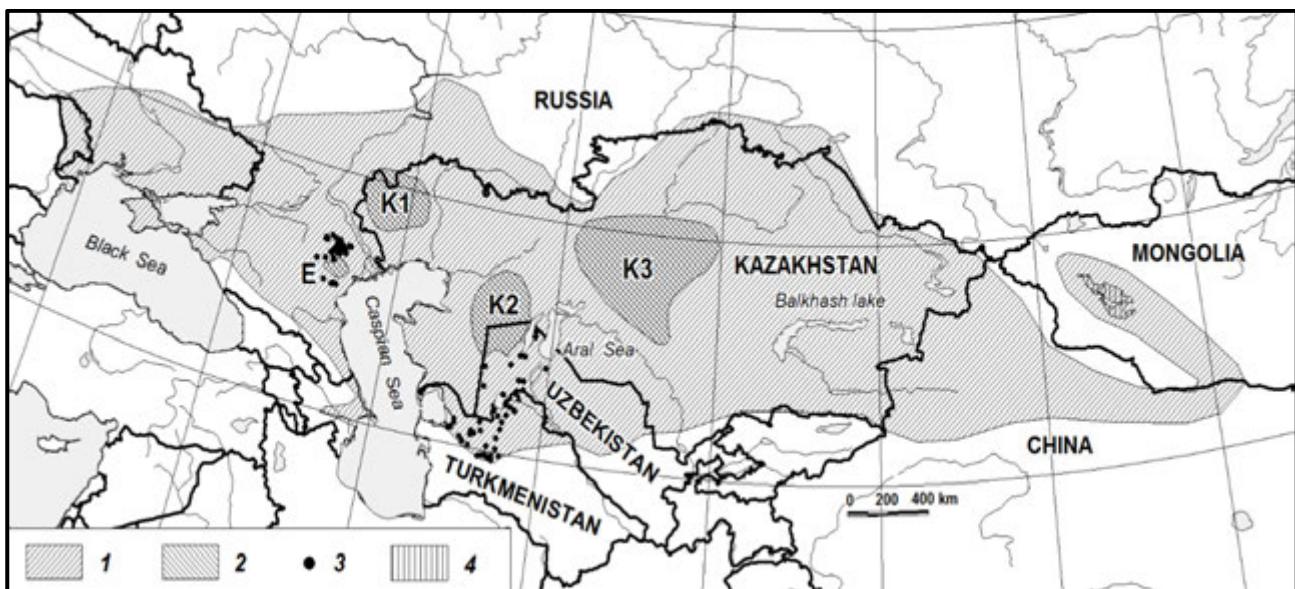


Fig. 1. The range of the saiga. Legend: 1 – in the Holocene (Baryshnikov et al., 1998), 2 – *Saiga tatarica tatarica* (E – Northwest Pre-Caspian population; K1 – Ural population, K2 – Ustyurt population, K3 – Betpakdala population), 3 – meeting points of *S. t. tatarica* in recent years, 4 – *S. t. mongolica* (=*S. borealis*).

These days there are 5 saiga populations on the planet. Four of them are the nominative subspecies *S. t. tatarica* (the Northwest Pre-Caspian population in Russia; the Ural population in Kazakhstan, Russia; the Ustyurt population in Kazakhstan, Uzbekistan and Turkmenistan, Russia; the Betpakdala population in Kazakhstan, Russia. The fifth population (*S. t. mongolica* (=*S. borealis*)) inhabits Western Mongolia (Fig. 1). One more population of *S. t. tatarica* that used to live in the northwest of China, in the basins of the Dzhungar and Tacheng Rivers, as well as in

the adjacent southwestern areas of Mongolia, was exterminated in 1960-1970s for their horns that were an ingredient of Chinese medicine. However, the local shepherds claimed that they saw small groups of 3-4 saigas until the very 1984 (Gao et al., 2011).

Current Condition of Saiga Populations

Every population suffers with its own unique issues, but the general reasons that negatively affect their abundance are the same for the entire saiga range. They are *climatic*, such as harsh winters, zud (i.e. the lack of food during winters due to ice crust that prevents them from grazing) and droughts during the growing seasons; *biotic*, such as diseases, parasites and predators; *anthropogenic*, which can be direct, such as fishing and poaching, or indirect, such as reduction and fragmentation of natural habitats due to the increasing rates of agricultural land development, decreasing fodder capacity of pastures, construction of various obstacles, such as canals, roads and fences across the fields and pastures where the saiga migrations and seasonal migrations take place.

There are 4 subpopulations of the “Mongolian” saiga (*S. t. mongolica*=*S. borealis*) in Western Mongolia, near the Mankhan Somon, in Shargiin Gobi, Khuisiin Gobi and in the Dorgen Steppe (Buuveibaatar et al., 2013). According to some scientists (Zhirnov et al., 1998b), the sedentary lifestyle of this subspecies, their low breeding potential and, consequently, low numbers determine their high vulnerability to the negative effects of climatic, biotic (i.e. diseases) and anthropogenic factors. Although saiga hunting has been banned since 1930 (Milner-Gulland et al., 2020), there were fewer than 1,000 “Mongolian” saiga in the remote parts of the Gobi in the 1970-1980s (Lushchekina et al., 1999). However, with the help of such conservation measures as the inclusion of the species in the Red Book of Mongolia in 1987, creation of new protected areas that include about 24% of the saiga range (Clark et al., 2006), increased protection and active educational work with the locals, the situation changed for the better. According to the censuses of 2014, the population size was about 15,000 heads, while the range was almost 4,700 km² (Chimedorzhh et al., 2016). Unfortunately, after the mass death in 2017 caused by the plague among the small ruminants, and due to severe weather, only 3,800 animals remained by the end of 2018 (Fewer than ..., 2019). The measures that took place in 2019-2020, such as livestock vaccination, extra feeding during the winter season and increased protection rate of the saiga, turned out to be successful: the population expanded up to 10,077 individuals in October 2021 (Mongolian ..., 2021).

The preservation measures aimed at the nominate subspecies (*S. t. tatarica*) that were taken by the USSR government in 1920-1930, yielded good results as well. By the middle of the 20th century the number of saiga increased to the point that in 1951 hunting was allowed once again in the Northwest Pre-Caspian Region, with some of the Kazakhstan regions following in 1954. Despite the annual catch of 10,000-115,000 saigas in the Pre-Caspian Region and 31,000-501,000 in Kazakhstan, by the beginning of the 1980s the total number was about 1.2 million: 400,000 in the Pre-Caspian Region, and 800,000 in Kazakhstan, Uzbekistan and Turkmenistan (Bekenov, Grachev, 1998; Zhirnov, Maksimuk, 1998; Fig. 2). The collapse of the Soviet Union in the 1990s and the following prolonged economic crisis, the opened borders and conditionally free overseas trade, the increased demand for saiga horns in China and countries of Southeast Asia increased the poaching rates throughout the antelopes’ range. Over 10 years the total number of 3 populations (Ural, Betpakdala, Ustyurt) decreased by 45 times, from 976,000 in 1993 to 21,100 in 2003 (Grachev et al., 2009); and by 8 times in the Northwest Pre-Caspian Region, from 148,000 to 18,500 (Bliznyuk, 2009). It is important to note that in 2003 the number of saiga in Russia and Kazakhstan, as well as in Uzbekistan and Turkmenistan, were comparable enough, however, after 20 years these figures have changed significantly to 18,500 in the Northwest Pre-Caspian Region

(Saigas ..., 2022) and 1 million 318,000 in Kazakhstan (The Fate of ..., 2022). It should also be taken into account that from 2010 to 2015, almost 230,000 animals of the Ural and Betpakdala populations died to epizootics (Karimova et al., 2021).

Our study showed that in the early 2000s the main biological parameters that characterize the four populations (Northwest Pre-Caspian, Betpakdala, Ustyurt, Ural) were comparable. They include fertility and barrenness of female saiga, sex ratio of their newborns, offspring, sex and age composition of the population that can be determined in July-August. However, the proportion of adult males and the yield per female in July-August in the Pew-Caspian region ($11.5\pm1.9\%$ and 0.81 ± 0.18) were higher than those in Kazakhstan ($8.7\pm3.8\%$ and 0.48 ± 0.40 ; Karimova et al., 2021). This data allow us to guess that the numbers differ so widely due to the external factors.

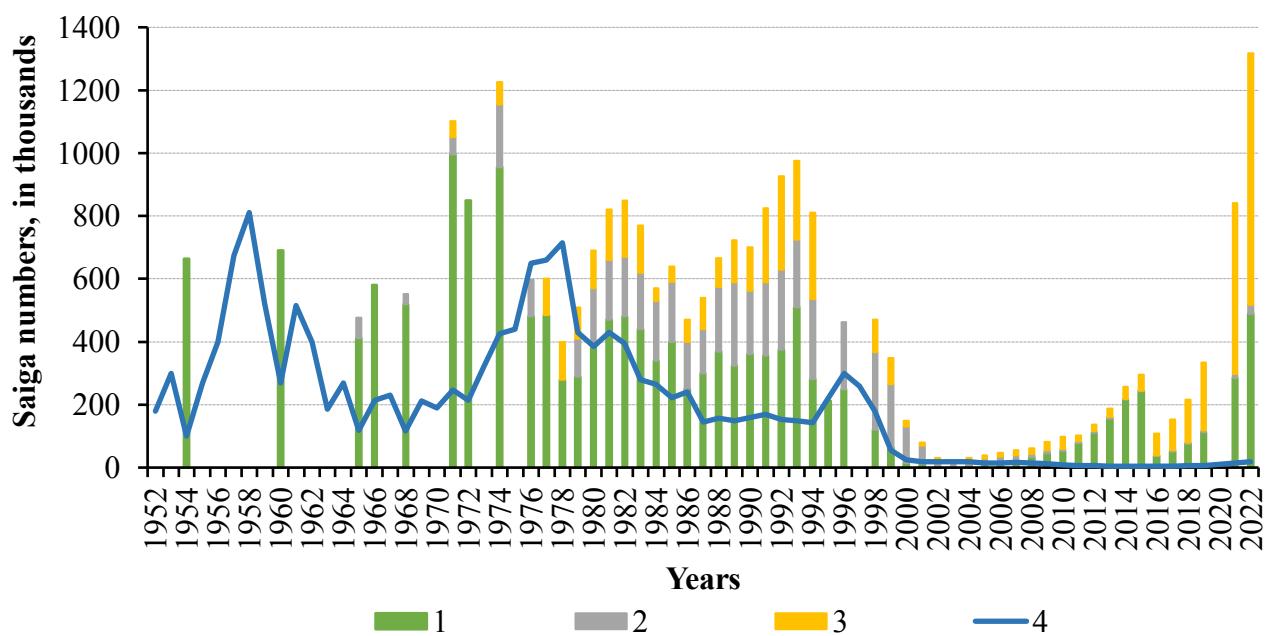


Fig. 2. Dynamics of the Betpkadala (1), Ustyurt (2), Ural (3) and Northwest Pre-Caspian (4) saiga populations.

The government of the Republic of Kazakhstan, along with the international non-governmental and intergovernmental organizations, invested a lot of resources to developed a network of specially protected natural areas in the country and ensure protection of three local populations. Since 2006, the territory of protected areas in the saiga range has increased by 2.5 times after two new areas were founded, the “Bokeyorda” and “Altyn Dala” nature reserves that include the territory of the “Sarykopinsky” sanctuary; and after the existing ones were expanded, i.e. the “Andasaisky” sanctuary, “Irgiz-Torgay” and “Korgalzhyn” nature reserves and the “Ile-Alatau” national park. The final area eventually amounted to more than 6 million ha (On Approval ..., 2017). In 2014 the first ecological corridor was constructed, connecting the key areas (Bragina, 2015). Furthermore, 30 mobile inspection groups that were common in the USSR were created once again; each consisted of 150 inspectors, provided with modern means of transportation, satellite communication and navigation devices, audio and video surveillance devices (Minoransky, Dankov, 2016). Many projects are currently underway, such as scientific researches and environmental educational work with the locas. Every year, saiga is monitored in Kazakhstan with the help of aerial surveys and ground censuses, and a special program was made to track individual animals that were tagged with satellite-linked collars (Milner-Gulland et al., 2020). Improved protection and tougher

penalties that were implemented in 2018 as part of “The Criminal Code of the Republic of Kazakhstan” (2022) concerning the saiga derivatives and saiga hunting, significantly reduced the pressure caused by poaching and eventually created conditions for a rapid growth of the species.

An individual saiga population of Russia inhabits the “Chernye Zemli” ecological region in the Northwest Pre-Caspian Region, which includes the eastern territories of the Republic of Kalmykia and the south-western parts of the Astrakhan Region. The Astrakhan, Volgograd and Saratov Regions adjacent to Kazakhstan also include part of the Ural population range (Neronov et al., 2013). Recently, due to the growth of the said population and the spring-summer drought in Kazakhstan, the saiga herds consisting of many thousands animals started entering these territories for a short period every year, causing some discontent among local farmers (Saigas ..., 2022). Besides, the Betpakdala population sometimes can be sighted in the Orenburg Region (Levykin et al., 2015).

The Fate of the Northwest Pre-Caspian Population

It was mentioned above that in a few decades of the early 20th century the saiga, previously an endangered species of the USSR, became a commercial one. By 1940 its range on the right bank of the Volga River covered most regions, and by the end of the 1940s there were more than 100,000 animals (Zhirnov, Maksimuk, 1998). In the 1950s-1960s, the area of its main habitat was 60,000-70,000 km², increasing up to 150,000-170,000 during droughts and snowy winters (Fig. 3a),

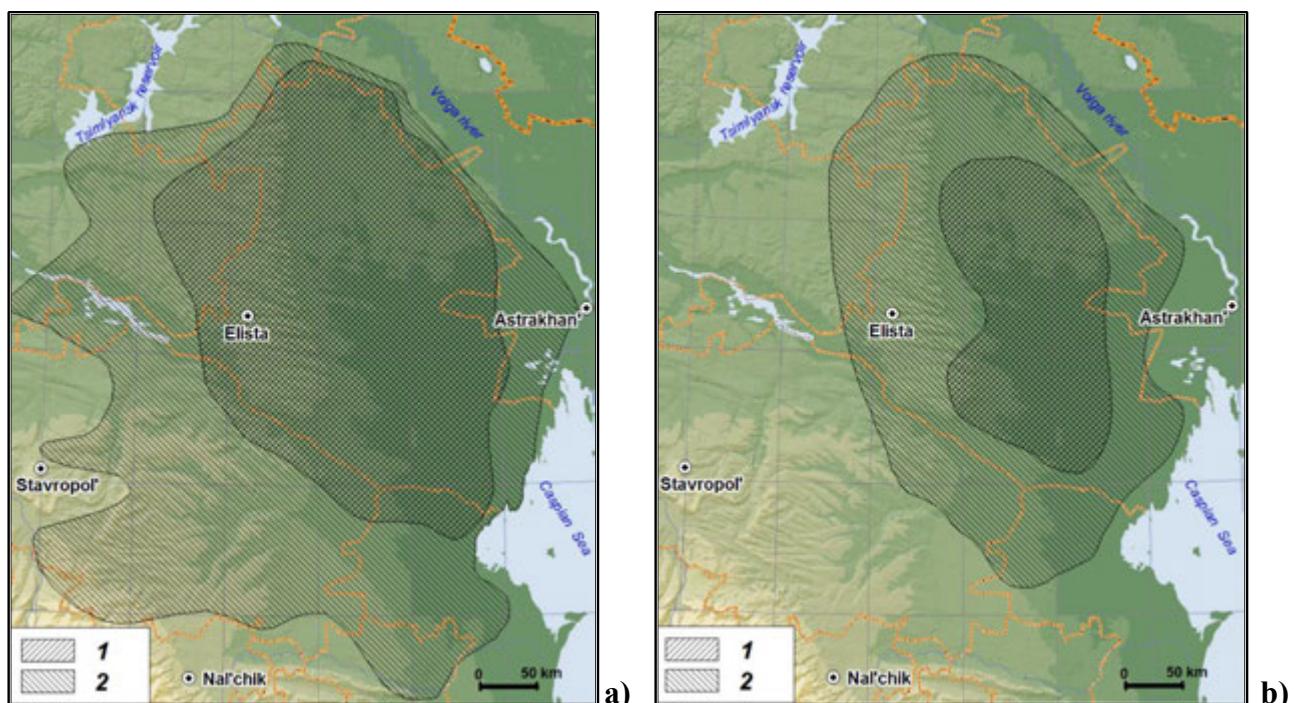


Fig. 3. The area of distribution of the Northwest Pre-Caspian saiga population a) in the 1950-1960s (Bannikov et al., 1961; Zhirnov, 1982), b) in the 1970-1990s (Zhirnov et al., 1998a). Legend: 1 – saiga’s main range, 2 – areas they visited.

while their total number was approximately 800,000 individuals (Zhirnov et al., 1998a; Bliznyuk, 2009). Due to the numbers being so high and the saiga habit to form herds the food resources on the pastures quickly ran out, which forced them to move to new territories, searching for food. During their long-distance migrations that would sometimes cover 420 km, the saigas

could be encountered almost everywhere outside the “Chernye Zemli” ecological region: in Astrakhan, Volgograd and Rostov Regions, Stavropol Krai, the Republics of Kalmykia, Dagestan and Chechnya (Zhirnov et al., 1998a). However, there were areas of their seasonal gatherings. In winter saigas preferred the south, i.e. the eastern slopes of the Yergeni Elevation and the “Chernye Zemli” region; in spring they moved to the north, to calve in the Sarpinsky Lowland; in summer they used to disperse, but the majority grazed to the north and west of the territory where their calving took place (Bannikov et al., 1961).

By the 1980s the large-scale agricultural development of the territory near the Sarpinsky Lakes that started in the 1970s, such as construction of roads and settlements, a network of irrigation canals, and plowing of land (Bliznyuk, 1995), reduced the area of the main saiga habitat to 30,000 km² (Fig. 3b). The amount of small livestock in Kalmykia that grew up to 3.04 million in 1981, the increased competition for food resources, and sometimes harsh weather conditions forced the numerous herds of saigas, the number of which varied from 240,000 up to 715,000 from the early 1970s to the mid-1980s (Bliznyuk, 2009), migrate over almost 100,000 km² in search of the better pastures. During that period they were spotted rarely in the Rostov Region, Stavropol Krai and the Republic of Dagestan (Minoransky, Dankov, 2016). Economy, development of agriculture, oil and gas fields, and construction of necessary infrastructures eventually became the reason of the reduction of saiga, so by the end of the 1980s their number was about 150,000-160,000 (Zhirnov, Maksimuk, 1998).

In the 1990s the unregulated poaching that intensified severely after the collapse of the USSR, as well as the following collapse of the budgetary structures, including those necessary for nature protection, led to a sharp drop in the saiga population in the region: in 2006 there were 15,000-20,000 animals (Melnikov, Sidorov, 2009), and only 4,000-5,000 remained by 2015 (Karimova, Lushchekina, 2018). According to some experts (Kuhl et al., 2009), this is the fastest, the most catastrophic decline in the number of mammals ever recorded in our world. Trying to explain the drop from the late 1990s to the early 2000s, various hypotheses were discussed. Some authors linked it with long-term cyclic fluctuations and the fact that the saiga population potential was declining (Sidorov, Bukreeva, 1999). Others believed it was caused by the changes in vegetation cover throughout the saiga habitats (Abaturov, 2007; Abaturov et al., 2008). Another considered reason was the increased wolf population. Over time, however, only the version of A.A. Danilkin (2005) was confirmed; he explained the decline in numbers was caused by the unregulated, insatiable manner that the saiga resources were used with and the lack of proper animal protection.

Aside from the poaching for meat during that period, the saiga males were hunted for their horns that were of high value in Chinese medicine, which consequently disrupted the sex and age structure of the entire population. The high fertility of the Northwest Pre-Caspian population, while abundance of the animals was so low (Karimova et al., 2020), could not be fulfilled due to the lack of mature males, because a normal reproduction cycle requires at least 15-20% of male animals, but by August 2002 their number had dropped to 1.1%, declining further to the critical level of 0.6% by the rutting season (Milner-Gulland et al., 2003). Despite the measures taken, such unbalanced proportion persisted in subsequent years as well. Thus, in August 2014, the proportion of mature males in the population was only 5.7%, and by December 2014 it even decreased to 0.72% (Chronicle of ..., 2014). There were critical drops before, indeed, but they never lasted for so long. For example, in the winter of 1958-1959 after the excessive commercial hunting the proportion of adult males decreased to 1-2% by the rutting season (Bannikov et al., 1961). However, due to the high pliability of the saiga species and their adaptive abilities developed during evolution, as well as a decrease in the number of hunted animals, the population recovered in just a few years.

The improvement in the age and sex structure observed in recent years for this population

(Fig. 4) allows us to hope for its prolonged depression to be near the end (Bogun, 2019). It is also confirmed by the data of the expert assessment of the species abundance, because in July 2022 there were already 18,000-19,000 saigas (Saigas ..., 2022).

Due to the decline in the population, the main habitat area of the saiga also decreased (Fig. 5). In recent years, despite the rapid growth in the number of small livestock from 312.8 thousand in 1998 to 1328.3 thousand in 2019 (Livestock ..., 2019) in the east of the Republic of Kalmykia (Chernozemelsky, Yustinsky and Yashkulsky Regions), the not so numerous saiga herds no longer migrate in search of new pastures. Instead they prefer to stay in protected areas, such as the steppe area of the “Chernye Zemli” state nature reserve in the Republic of Kalmykia and the “Stepnoy” sanctuary in the Astrakhan region, or near them, in an area of about 3,000 km² (Karimova, Lushchekina, 2018), which is only 10.2% of the optimal habitats offered by this region (Paltsyn, 2016). A study of the vegetation of the northwestern part of the Pre-Caspian Lowland that was carried out in 2021-2022 by the World Wildlife Fund (WWF), as part of the “Saiga Habitat Assessment of the Northwest Pre-Caspian Region” project, showed that plant communities in most of the territory are in good condition (according to I.N. Safronova’s report), and their diversity and species composition are suitable enough to expand the modern saiga range, if its abundance continues to grow.

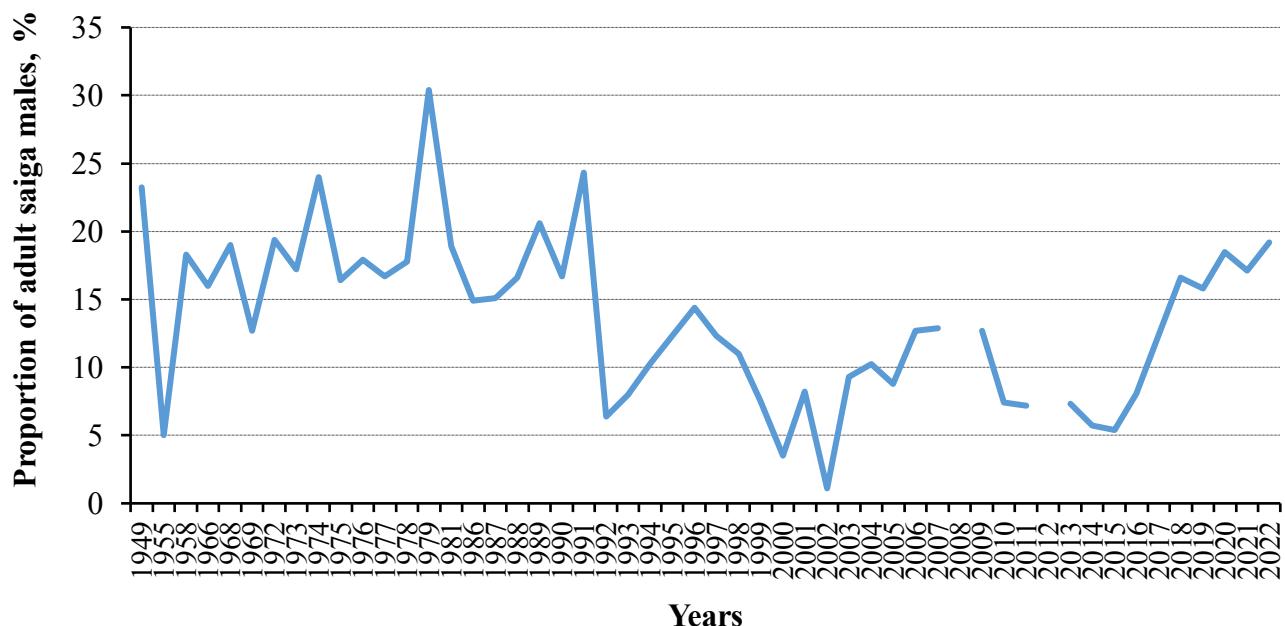


Fig. 4. Dynamics of sexually mature saiga males in the Northwest Pre-Caspian population.

Preservation Measures Taken to Protect the Saiga Population in the Northwest Pre-Caspian Region

In recent decades the problem of the saiga species conservation became an important task of global significance. In 1995 the species was included into Appendix II of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). At the 18th CITES Conference of the Parties in 2019, Geneva an annotation was accepted to “establish a zero export quota for specimens that are removed from nature for commercial purposes”, which is equal to the species being temporarily listed in Appendix I of CITES. In 2002 the International Union for Conservation of Nature (IUCN/IUCN) added the saiga to its Red List. It is also included in Appendix II of the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals

(Bonn Convention), so that the countries where the listed species live must focus on making agreements that are important for the preservation of those species and prioritize the species the safety of which remains in question. The Russian Federation is not currently a Party to the Bonn Convention, but it joined the Memorandum of Understanding Concerning Conservation, Restoration and Sustainable Use of the Saiga Antelope in 2009. The Memorandum works through the Medium-Term International Work Programs and includes every country of the saiga range, as well as some public organizations.

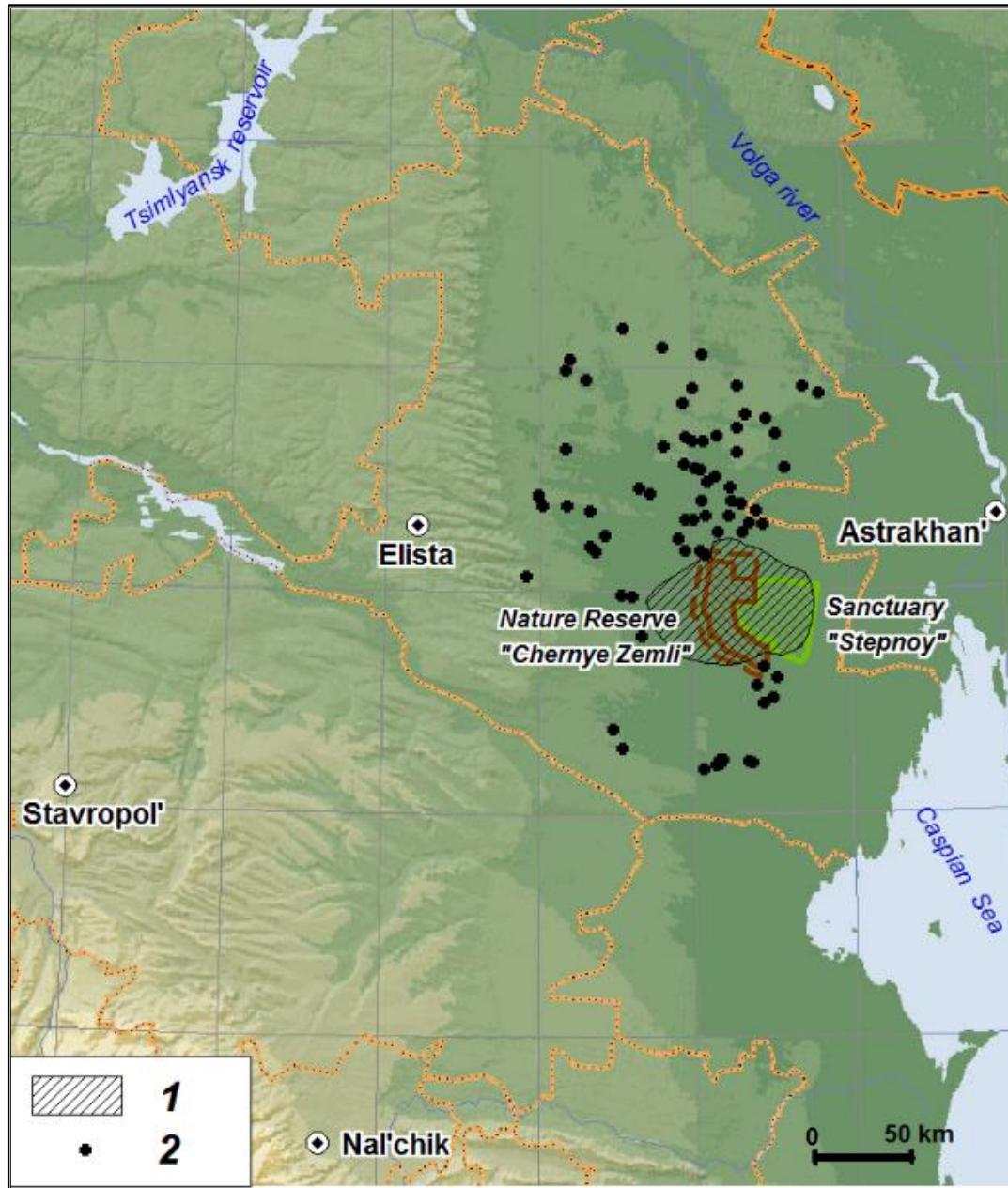


Fig. 5. Distribution of saiga in the Northwest Pre-Caspian region in 2000-2022. *Legend:* 1 – the main range, 2 – the sites of sightings.

In 2012 the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation and the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan signed a bilateral interdepartmental

“Agreement on the Protection, Reproduction and Use of the Ural Saiga Population”. In 2020 the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan and the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation signed the “Agreement on the Protection, Reproduction and Use of Transboundary Saiga (*Saiga tatarica tatarica*) Populations”.

Over the past 30 years the Russian Federation also took a number of measures to preserve the saiga and its habitats. In 1998 the saiga hunting was banned; in 2001 the President of Kalmykia signed a decree “On Emergency Measures for the Protection and Conservation of the Kalmyk Saiga Population”; 2010 was named the “Year of the Saiga Antelope” in Kalmykia; in 2013 the species was included in the list of “especially valuable wild animals and water biological resources belonging to the species of the Red Data Book of the Russian Federation and (or) protected by international treaties of the Russian Federation”, the illegal extraction, keep, acquisition, storage, transportation, shipment and sale of which is criminally punished in accordance with Article 258.1 of the Criminal Code of the Russian Federation (2017). The species is also listed in the Red Data Books of the Republic of Kalmykia (2013), Rostov Region (2014), Astrakhan Region (2014) and the Russian Federation (2021).

In 1990 in order to ensure the protection of saiga habitats and monitor the species successfully, the state nature reserve “Chernye Zemli” was founded in Kalmykia, the steppe area of which is 94,000 ha, with a protection zone of 57,000 ha. In 2010 this reserve accepted the management of three other federal sanctuaries: “Mekletinsky” – 102,500 ha, “Sarpinsky” – 195,900 ha, “Kharbinsky” – 163,000 ha. For more than 20 years the “Stepnay” regional sanctuary has been effectively operating in the Astrakhan Region, with its small but professional team protecting saiga over an area of about 104,000 ha. In addition, the research works are carried out in the sanctuary. Since 2004, the local inspectors have been monitoring the saiga species, while many local and foreign researchers have chosen the territory as a model range for their researches, where the biology, ethology and ecology of the saiga are studied along with the biodiversity of the region itself. The biotechnical measures are also being taken to prevent fires in the territory of the “Stepnay” sanctuary. Plus, to provide saigas and other animals with water during the droughts, several artesian wells were cleared to create watering places for them (Fig. 6), with the support of the “Russian Caucasus” Branch of the WWF Russia. The employees of the sanctuary work a lot with the local people to raise their environmental awareness and responsibility by welcoming them to participate in various ecological activities. This work, including exhibitions, competitions and field trips, has an especially fruitful result among children from various educational institutions of the Astrakhan Region and neighboring territories.

Many attempts to keep and breed saigas in various zoos around the world have failed (Karimova et al., 2018). However, in order to preserve its gene pool three breeding centres were created in Russia. In 2000, the “Yashkul” captive breeding station was built on the basis of the Centre for Wild Animals of the Republic of Kalmykia (abolished in 2014); in 2003, the “Saiga” captive breeding centre was created on the basis of the “Astrakhan” State Hunting Farm in the Astrakhan Region, as well as the Centre of Rare Animals of European Steppes of the “Wild Nature of the Steppe” Association in the Rostov Region (Karimova et al., 2017). After annexation of Crimea in 2014, another semi-free centre for saigas was founded in the Tarkhankut National Nature Park, where 10 animals were brought to in 2013 from the “Askania Nova” biosphere reserve (Ukraine). However, there are no saigas there at the moment. The listed centres study the biological and ethological characteristics of the species, carry out various veterinary activities, including artificial insemination, and raise animals to release them into the wild.

A factor that indicates successful saiga maintenance and breeding in the breeding centres is its population dynamics. The best results were achieved in the “Yashkul” captive breeding station that took in only 56 individuals and then increased the saiga number to 220 individuals over 15 years (2000-2014; Fig. 7). In the “Saiga” captive breeding centre in the Astrakhan Region, despite it

being built in an unsuitable habitat and therefore being exposed to frequent outbreaks of pasteurellosis and other diseases, the livestock of 30-40 individuals was maintained for quite a long time thanks to well-established zootechnical and veterinary measures, and some males were released into the wild (Karimova et al., 2017). Unfortunately, over the past 5 years the situation has changed drastically, and now only 8 animals (6 males and 2 females) remain in the breeding centre (according to S.A. Kalashnikov's report). The Centre of Rare Animals of European Steppes in Rostov Region currently considers itself the most successful captive breeding centre in Russia (Minoransky, Dankov, 2016). However, in 2010-2013 the number of their saiga decreased gradually due to no new animals being introduced to the Centre population from the wild; they declined from 70 to 43 individuals. Only in 2015-2016 the numbers grew after 32 animals were transferred to a much larger enclosure near the Manych Village; currently there are about 80 individuals that live in its territory (Minoransky et al., 2021).



Fig. 6. A wolf in the background and a black-winged stilt (Red Data Book of the Russian Federation) near an artesian well (taken by a camera trap, from the archive of the “Stepnoy” sanctuary, July 2022).

Breeding saigas in the breeding centres is quite promising, especially now that the methods for animals' keeping, breeding, transporting and capturing are well explored. The success of the “Yashkul” breeding station showed that the number of animals can be increased tenfold in a fairly short period of time. However, successful breeding of saigas requires several conditions, such as a naturally suitable area, a large and safe enclosure, constant veterinary monitoring, passionate specialists and state support.



Fig. 7. Saigas in the “Yashkul” Captive Breeding Station (photo by T.Yu. Karimova, June 2012).

Since 2019 the saiga is listed among the 11 priority animal species of the “Ecology” National Project, the purpose of which is to preserve and restore rare and endangered species as part of the federal project “Conservation of Biological Diversity and Development of Ecological Tourism”. The said project released several documents that define the main areas of activity for the study, conservation, protection and restoration of the saiga population:

- a roadmap for the conservation and restoration of the saiga until 2024;
- an conservation plan for the saiga in the Russian Federation until 2025, created in accordance with the Memorandum of Understanding Concerning Conservation, Restoration and Sustainable Use of the Saiga Antelope;
- a conservation strategy for the saiga in the Russian Federation until 2030 and a plan for its implementation.

The “Strategy for the Conservation of the Saiga in the Russian Federation” approved in 2021 (Order ..., 2021) suggests some measures aimed at preserving the species in the country. According to it, the number of viable saiga population of the Northwest Pre-Caspian Region should be at least 20,000 individuals by 2030, while its range area should increase to 20,000 km². In order to achieve these goals, it is necessary to solve many problems: to improve the legal and methodological base of saiga conservation; develop a network of protected areas; support the conservation of the saiga and its most important habitats; conduct a complex of researches and regular monitoring; optimize nature management throughout the saiga habitats; preserve the population of saigas in the semi-free enclosures; improve educational work with the local people and development of ecological tourism.

The data collected over the recent decades on the size of the Northwest Pre-Caspian saiga population are preliminary. One of its collection methods is a census conducted via ground vehicles, but it is unable to cover the entire range. Before that, the low-flying aircrafts or helicopters were used, but it is not possible anymore due to the noise, which can frighten and cause death of the

saigas. Therefore, the method of satellite data is the most promising one (Rozhnov et al., 2014), but the cost of high resolution images is very high. In May 2022, the Ministry of Natural Resources of Russia adopted the methodology developed by the WWF Russia for counting saiga in the Northwest Pre-Caspian Region using unmanned aircraft, which can make it possible to count the population size, as well as to determine its sex and age structure (Census ..., 2022). The advantage of this technique is the low disturbance factor, while the use of computer programs will eliminate significant errors during calculations. We would like to hope that in the near future we will find out the actual number of saigas in the Northwest Pre-Caspian Region.

Conclusions

The evolutionary strategies of the saiga antelope, such as an early reproductive ability, high female fertility, polygamy, herding and migration, have been helping them to survive since the Late Pleistocene in the changing environment. Usually, when their abundance is threatened by the natural factors like harsh winters, droughts, diseases and predators, they restore it rather quickly. Unfortunately, the saiga was unable to get used to the human's disruptive activities, such as agricultural land development, hunting and poaching.

The preservation of the Northwest Pre-Caspian saiga population and the restoration of its numbers currently depend on the different measures that should be taken in the future. In addition to effective protection and full-scale monitoring, this includes removal of various obstacles that hinder saiga migration and cause habitat fragmentation, improving the quality of the said habitats, creating new protected areas in the most suitable habitats and their integration into a single network via ecological corridors, development and expansion of environmental education activities. We hope and expect that the "Saiga Conservation Strategy in the Russian Federation" that was approved by the Ministry of Natural Resources of Russia in 2021 (Order ..., 2021) will contribute greatly to this.

Acknowledgements. The authors express their sincere gratitude to the staff of the "Stepnoy" sanctuary and its director V.G. Kalmykov for all these years of fruitful cooperation. The authors also thank A.N. Gilev for the photographs that were taken in the "Stepnoy" sanctuary.

Funding. The work was carried out for the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences as part of the research work "Fundamental Problems of Wildlife Protection and Rational Use of Bioresources", State Assignment No. 1021062812203-8, as well as for the Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences as part of the research work for 2022-2024 "Study of Geoecological Processes in Hydrological Systems of Land, Formation of the Quality of Surface and Ground Waters, Problems of Water Resources Management and Water Use under Conditions of Climate Change and Anthropogenic Impact", No. FMWZ-2022-0002, State Registration No. AAAA-A18-118022090104-8.

REFERENCES

1. Abaturov BD. Saiga population in Russia and problems of its conservation [Populyatsiya saygaka v Rossii i problemy yeye sokhraneniya] *Bulletin of the Russian Academy of Sciences [Vestnik Rossiyskoy akademii nauk]*. 2007;77 (9):785-793.
2. Abaturov BD, Larionov KO, Dzhapova RR, Kolesnikov MP. Forage quality and food supply for saigas (*Saiga tatarica*) under conditions of regenerative vegetation change in the Chernye

REFERENCES

1. Абатуров Б.Д. 2007. Популяция сайгака в России и проблемы ее сохранения // Вестник Российской академии наук. Т. 77. № 9. С. 785-793.
2. Абатуров Б.Д., Ларинов К.О., Джапова Р.Р., Колесников М.П. 2008. Качество кормов и обеспеченность сайгаков (*Saiga tatarica*) пищей в условиях восстановительной смены растительности на Черных Землях

- Zemli of Kalmykia [Kachestvo kormov i obespechennost' saygakov (Saiga tatarica) pishchey v usloviyakh vosstanovitel'noy smeny rastitel'nosti na Chernykh Zemlyakh Kalmykii] *Zoological Journal.* 2008;87(12):1524-1530.
3. Bannikov AG, Zhirnov LV, Lebedeva LS, Fandeev AA. Biology of the saiga [*Biologiya saygaka*]. Moscow: Izd-vo sel'skokhozyaystvennoy literatury, zhurnalov i plakatov, 1961:336.
 4. Baryshnikov GF, Dmitrieva EL, Krakhmalnaya TV, Sher AV. Origin, evolution and systematics of the saiga [*Proiskhozhdeniye, evolyutsiya i sistematika saygaka*] *Saiga: phylogeny, systematics, ecology, protection and use [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998:9-20.
 5. Bekenov AB, Grachev YuA. The number of saigas in the 20th century. Kazakhstan [*Chislennost' saygakov v KHNH veke. Kazakhstan*] *Saiga: phylogeny, taxonomy, ecology, protection and use [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998:225-227.
 6. Bliznyuk AI. The role of economic development of the territory in changing the number of the Kalmyk saiga population [*Rol' khozyaystvennogo osvoyeniya territorii v izmenenii chislennosti kalmytskoy populyatsii saygaka*] *Biota and natural environment of Kalmykia [Biota i prirodnaya sreda Kalmykii]*. Moscow-Elista, 1995:222-244.
 7. Bliznyuk AI. Saiga of the Kalmyk population [*Saygak kalmytskoy populyatsii*]. Elista: ZAO "NPP 'Dzhangar'", 2009:554.
 8. Bogun SA. The state of the saiga population in the Chernye Zemli Nature Reserve: problems and prospects for its conservation [*Sostoyaniye populyatsii saygaka v zapovednike «Chernyye zemli»: problemy i perspektivy yeye sokhraneniya*] *Scientific Works of the Khvalynsky National Park [Nauchnye trudy Natsional'nogo parka «Khvalynskiy】 Collection of scientific articles of the VI International Scientific and Practical Conference "Specially Protected Natural Territories: Past, Present, Future"*, Khvalynsk, October 17-18, 2019 [*Sbornik nauchnykh statey VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Osobo okhranyayemyye prirodnyye territorii: proshloye, nastoyashcheye, budushcheye"*]. Saratov: Amirit, 2019.
 9. Калмыкии // Зоологический журнал. Т. 87. № 12. С. 1524-1530.
 3. Банников А.Г., Жирнов Л.В., Лебедева Л.С., Фандеев А.А. 1961. Биология сайгака. М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов. 336 с.
 4. Барышников Г.Ф., Дмитриева Е.Л., Крахмальная Т.В., Шер А.В. 1998. Происхождение, эволюция и систематика сайгака // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 9-20.
 5. Бекенов А.Б., Грачев Ю.А. 1998. Численность сайгаков в XX веке. Казахстан // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 225-227.
 6. Близнюк А.И. 1995. Роль хозяйственного освоения территории в изменении численности калмыцкой популяции сайгака // Биота и природная среда Калмыкии. Москва-Элиста. С. 222-244.
 7. Близнюк А.И. 2009. Сайгак калмыцкой популяции. Элиста: ЗАО «НПП «Джангар». 554 с.
 8. Богун С.А. 2019. Состояние популяции сайгака в заповеднике «Черные земли»: проблемы и перспективы ее сохранения // Научные труды Национального парка «Хвалынский». Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции «Особо охраняемые природные территории: прошлое, настоящее, будущее». Хвалынск, 17-18 октября 2019 г. Саратов: Амирит. С. 7-14.
 9. Брагина Т.М. 2015. Сайгачьи переходы в Казахстане взяты под охрану // *Saiga News*. № 19. С. 3-4.
 10. Грачев Ю.А., Мелдебеков А.М., Бекенов А.Б. 2009. Численность, структура и воспроизводство популяций сайгака в Казахстане // Степной бюллетень. № 27. С. 47-50.
 11. Данилкин А.А. 2005. Млекопитающие России и сопредельных территорий. Половогие. М.: Товарищество научных изданий КМК. 550 с.
 12. Динесман Л.Г. 1998. История ареала сайгака в послеледниковое время //

- 2019:7-14.
9. Bragina TM. Saiga crossings in Kazakhstan are taken under protection [Saygach'i perekhody v Kazakhstane vzyaty pod okhranu] *Saiga News*. 2015;19:3-4.
 10. Grachev YuA, Meldebekov AM, Bekenov AB. Number, structure and reproduction of saiga populations in Kazakhstan [Chislennost', struktura i vosproizvodstvo populyatsiy saygaka v Kazakhstane] *Steppe Bulletin [Stepnoy byulleten']*. 2009;27:47-50.
 11. Danilkin AA. Mammals of Russia and neighboring territories [Mlekopitayushchiye Rossii i sopredel'nykh territoriy] *Bovids [Polorogiye]*. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2005:550.
 12. Dinesman LG. History of the saiga range in the post-glacial period [Istoriya areala saygaka v poslelednikovoye vremya] *Saiga: phylogeny, taxonomy, ecology, protection and use [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998:54-57.
 13. Zhirnov LV. Brought back to life (ecology, conservation and use of saigas) [Vozvrashchennyye k zhizni (ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye saygakov)]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1982:224.
 14. Zhirnov LV, Bekenov AB, Grachev YuA, Dulamtseren S, Lushchekina AA. The area and its change in the 20th century [Areal i yego izmeneniye v XX v.] *Saiga: phylogeny, taxonomy, ecology, protection and us [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998a:60-66.
 15. Zhirnov LV, Dulamtseren S, Lushchekina AA. Population status in China and Mongolia [Sostoyaniye chislennosti populyatsiy v Kitaye i Mongoliu] *Saiga: phylogeny, taxonomy, ecology, protection and use [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998b:227-229.
 16. Zhirnov LV, Maksimuk AV. The number of saigas in the 20th century. Northwest Pre-Caspian [Chislennost' saygakov v XX veke. Severo-Zapadnyy Prikaspiy] *Saiga: phylogeny, taxonomy, ecology, protection and use [Saygak: filogeniya, sistematika, ekologiya, okhrana i ispol'zovaniye]*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii, 1998:219-224.
 17. Karimova TYu, Lushchekina AA. Features of the Saigak: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 54-57.
 18. Жирнов Л.В. 1982. Возвращенные к жизни (экология, охрана и использование сайгаков). М.: Лесная промышленность. 224 с.
 19. Жирнов Л.В., Бекенов А.Б., Грачев Ю.А., Дуламцэрэн С., Лущекина А.А. 1998а. Ареал и его изменение в XX в. // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 60-66.
 20. Жирнов Л.В., Дуламцэрэн С., Лущекина А.А. 1998б. Состояние численности популяций в Китае и Монголии // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 227-229.
 21. Жирнов Л.В., Максимук А.В. 1998. Численность сайгаков в XX веке. Северо-Западный Прикаспий // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование. М.: Типография Россельхозакадемии. С. 219-224.
 22. Каримова Т.Ю., Лущекина А.А. 2018. Особенности пространственного размещения и этологической структуры популяции сайгака на территории заказника «Степной» (Астраханская область) // Экосистемы: экология и динамика. Т. 2. № 1. С. 73-91. [Электронный ресурс <http://www.ecosystemsdynamic.ru> (дата обращения 22.09.2022)].
 23. Каримова Т.Ю., Лущекина А.А., Рожнов В.В. 2017. Сайгаки в неволе: от содержания и разведения до выпуска в природу. Москва: Т-во научных изданий КМК. 122 с. [Karimova T.Yu., Lushchekina A.A., Rozhnov V.V. 2018. Saiga management at zoos and breeding centres: making effective use of the lessons learnt for the restoration of wild saiga populations. M.: KMK Scientific Press Ltd. 119 p.].
 24. Кириков С.В. 1966. Промысловые животные, природная среда и человек. М.: Наука. 348 с.
 25. Красная книга Астраханской области. 2014. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет». 413 с.

- spatial distribution and ethological structure of the saiga population on the territory of the Stepnoy sanctuary (Astrakhan region) [Osobennosti prostranstvennogo razmeshcheniya i etologicheskoy struktury populyatsii saygaka na territorii zakaznika «Stepnoy» (Astrakhanskaya oblast')] *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2018;2 (1):73-91, Available at <http://www.ecosystemsdynamic.ru> (Date of Access 22/09/2022).
18. Karimova TYu, Lushchekina AA, Rozhnov VV. Saiga management at zoos and breeding centres: making effective use of the lessons learned for the restoration of wild saiga populations. Moscow: T-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2018;119.
 19. Kirikov SV. Game animals, natural environment and man [Promyslovyye zhivotnyye, prirodnaya sreda i chelovek]. Moscow: Nauka, 1966:348.
 20. Red Data Book of the Astrakhan region [Krasnaya kniga Astrakhanskoy oblasti]. Astrakhan: Izdatel'skiy dom "Astrakhanskiy universitet", 2014:413.
 21. Red Book of the Republic of Kalmykia [Krasnaya kniga Respubliki Kalmykiya] Animals [Zhivotnyye]. Elista: ZAO "NPP 'Dzhangar'", 2013;1:200.
 22. Red Data Book of the Russian Federation [Krasnaya kniga Rossiyской Federatsii] Animals [Zhivotnyye]. Moscow: FGBU "VNII Ekologiya", 2021: 1128.
 23. Red Data Book of the Rostov Region [Krasnaya kniga Rostovskoy oblasti] Animals [Zhivotnyye]. Rostov-on-Don: Minprirody Rostovskoy oblasti, 2014;1:280.
 24. Kuznetsova MV, Kholodova MV, Lushchekina AA. Phylogenetic analysis of the 12S and 16S rRNA mitochondrial gene sequences of representatives of the Bovidae family: new data [Filogeneticheskiy analiz posledovatel'nostey mitokhondrial'nykh genov 12S i 16S rRNK predstaviteley semeystva Bovidae: novyye dannyye]. *Genetics*. 2002;38 (3):942-950.
 25. Levykin SV, Kazachkov GV, Yakovlev IG, Grudinin DA. Saiga in the Orenburg region: history, legends, prospects for return [Saygak v Orenburzh'ye: istoriya, legendy, perspektivy vozvrashcheniya] Proc. of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN]. 2015;17 (4):174-178.
 26. Chronicle of Nature of the Federal State Budgetary Institution of the State Natural Biosphere Reserve 21. Красная книга Республики Калмыкия. Т. 1: Животные. 2013. Элиста: ЗАО «НПП «Джангар». 200 с.
 22. Красная книга Российской Федерации. Животные. 2021. М.: ФГБУ «ВНИИ Экология». 1128 с.
 23. Красная книга Ростовской области. Т. 1: Животные. 2014. Ростов-на-Дону: Минприроды Ростовской области. 280 с.
 24. Кузнецова М.В., Холодова М.В., Лущекина А.А. 2002. Филогенетический анализ последовательностей митохондриальных генов 12S и 16S рРНК представителей семейства Bovidae: новые данные // Генетика. Т. 38. № 3. С. 942-950.
 25. Левыкин С.В., Казачков Г.В., Яковлев И.Г., Грудинин Д.А. 2015. Сайгак в Оренбуржье: история, легенды, перспективы возвращения // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 17. № 4. С. 174-178.
 26. Летопись природы ФГБУ государственного природного биосферного заповедника «Черные земли». Кн. XVIII. 2014. [Электронный ресурс http://zapovednik-chernyezemli.ru/wp-content/uploads/2015/11/Летопись_природы_2014_год.pdf (дата обращения 22.09.2022)].
 27. Мельников В.В., Сидоров С.В. 2009. Сайгак в России: современное состояние, сохранение и восстановление // Степной бюллетень. № 27. С. 42-46.
 28. Милнер-Гулланд Э.Дж., Хагес П., Быкова Е., Буувейбаатар Б., Чимеддорж Б., Каримова Т., Лущекина А., Салемгареев А., Мейбом С., Цутер Ш. 2020. Устойчивое использование антилопы сайги: обзор и перспективы. Предварительный отчет для Конвенции ООН по сохранению мигрирующих видов диких животных и Федерального агентства по охране природы Германии. 129 с. [Электронный ресурс https://www.cms.int/sites/default/files/document/unep-cms_saiga_mos4_doc.7_rev.1_sustainable-use-saiga-antelopes_ru.pdf (дата обращения 22.09.2022)]. [Milner-Gulland E.J., Hughes P., Bykova E., Buuveibaatar B., Chimed Dorj B., Karimova T.Yu., Lushchekina A.A., Salemgareev A.,

- "Chernye Zemli", Book XVIII [*Letopis' prirody FGBU gosudarstvennogo prirodno-go biosfernogo zapovednika "Chernyye zemli"*]. 2014, Available at http://zapovednik-chernyezemli.ru/wp-content/uploads/2015/11/Летопись_природы_2014_год.pdf (Date of Access 22/09/2022).
27. Melnikov VV, Sidorov SV. Saiga in Russia: Current State, Conservation and Restoration [Saygak v Rossii: sovremennoye sostoyaniye, sokhraneniye i vosstanovleniye] *Steppe Bulletin*. 2009;27:42-46.
 28. Milner-Gulland EJ, Hughes P, Bykova E, Buuveibaatar B, Chimeddorj B, Karimova TYu, Lushchekina AA, Salemgareyev A, von Meibom S, Zuther S. The Sustainable Use of Saiga Antelopes: Perspectives and Prospects. The Bundesamt für Naturschutz and the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals, 2021:117.
 29. Minoransky VA, Dankov VI. Saiga antelope (*Saiga tatarica* L.) is an endangered species in Russia [Saygak (*Saiga tatarica* L.) – ischezayushchiy v Rossii vid] *South of Russia: ecology, development (Series "Animal Ecology") [Yug Rossii: ekologiya, razvitiye (seriya "Ekologiya zhivotnykh")]*. 2016;11 (1):88-103.
 30. Minoransky VA, Uzdenov AM, Dankov VI, Malinovskaya YuV. Problems of conservation of the saiga (*Saiga tatarica* L.) in Russia and breeding it in artificial conditions [Problemy sokhraneniya saygaka (*Saiga tatarica* L.) v Rossii i razvedeniya yego v iskusstvennykh usloviyakh] *Biological diversity of Asian steppes [Biologicheskoye raznoobrazie aziatskikh stepей]* Proc. of the IV International Scientific Conference, April 14, 2022, Kostanay, Kazakhstan [Materialy IV mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii]. Kostanay: KRU im. A. Baytursynova, 2022:32-36.
 31. On approval of the list of specially protected natural areas of republican significance [Ob utverzhdenii perechnya osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy respublikanskogo znacheniya] Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan No. 593, issued on 26/09/2017 [Postanovleniye Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan]. 2022, Available at <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000593> (Date of Access 22/09/2022).
 32. Paltsyn MYu. Assessment of the potential suitability of habitats for steppe ungulates in the Republic of Kalmykia and the Trans-Baikal Territory [*Otsenka potentsial'noy prigodnosti mestoobitaniy stepnykh kopytnykh v Respublike* von Meibom S., Zuther S. 2021. The Sustainable Use of Saiga Antelopes: Perspectives and Prospects. The Bundesamt für Naturschutz and the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. 117 p.].
 33. Миноранский В.А., Даньков В.И. 2016. Сайгак (*Saiga tatarica* L.) – исчезающий в России вид // Юг России: экология, развитие (серия «Экология животных»). Т. 11. № 1. С. 88-103.
 34. Миноранский В.А., Узденов А.М., Даньков В.И., Малиновская Ю.В. 2022. Проблемы сохранения сайгака (*Saiga tatarica* L.) в России и разведения его в искусственных условиях // Биологическое разнообразие азиатских степей. Материалы IV международной научной конференции, 14 апреля 2022 г., Костанай, Казахстан. Костанай: КРУ им. А. Байтурсынова. С. 32-36.
 35. Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий республиканского значения. Постановление Правительства Республики Казахстан от 26 сентября 2017 года. № 593. 2022. [Электронный ресурс <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000593> (дата обращения 22.09.2022)].
 36. Пальцын М.Ю. 2016. Оценка потенциальной пригодности местообитаний степных копытных в Республике Калмыкия и Забайкальском крае. Отчет по проекту ПРООН/ГЭФ 00072294 «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России» [Электронный ресурс http://savesteppe.org/project/docs/report_final_habitat-model_ungulates2016.pdf (дата обращения 22.09.2022)].
 37. Поголовье скота на 1 декабря 2019 г. 2019 [Электронный ресурс https://astrastat.gks.ru/storage/mediabank/Поголовье_скота_на_1_декабря_2019.pdf (дата обращения 22.09.2022)].
 38. Распоряжение Минприроды России от 11.08.2021 N 30-Р «Об Утверждении Стратегии Сохранения сайгака в Российской Федерации». 2021. [Электронный ресурс <https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Minprirody-Rossii-ot-11.08.2021-N-30-r/>

- Kalmykiya i Zabaykal'skom kraye] Report on the UNDP/GEF project No. 00072294 "Improving the system and management mechanisms for protected areas in the steppe biome of Russia" [Otchet po proyektu PROON/GEF 00072294 "Sovershenstvovaniye sistemy i mekhanizmov upravleniya OOPT v stepnom biome Rossii"]. 2016, Available at http://savesteppe.org/project/docs/report_final_habitat-model_ungulates2016.pdf (Date of Access 22/09/2022).*
33. Livestock as of 01/12/2019 [*Pogolov'ye skota na 1 dekabrya 2019 g.*]. 2019, Available at https://astrastat.gks.ru/storage/mediabank/Поголовье_скота_на_1_декабря_2019.pdf (Date of Access 22/09/2022).
34. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia No. 30-R, issued on 08/11/2021 [*Rasporyazheniye Minprirody Rossii*] "On Approval of the Saiga Conservation Strategy in the Russian Federation" [*"Ob Utverzhdenii Strategii Sokhraneniya saygaka v Rossiyskoy Federatsii"*]. 2021, Available at <https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Minprirody-Rossii-ot-11.08.2021-N-30-r/> (Date of Access 22/09/2022).
35. Rozhnov VV, Yachmennikova AA, Dobrynin DV. On the possibility of identifying the saiga (*Saiga tatarica*) on high-resolution satellite images [O vozmozhnosti vyyavleniya saygaka (*Saiga tatarica*) na sputnikovykh snimkakh vysokogo razresheniya] *Reports of the Academy of Sciences [Doklady Akademii nauk]*. 2014;459 (6):769-773.
36. Saigas destroy the crops of Saratov farmers [*Saygaki unichtozhayut posevy saratovskikh fermerov*]. 2022, Available at <https://gtrk-saratov.ru/sajgaki-unichtozhayut-posevy-saratovskih-fermerov/> (Date of Access 22/09/2022).
37. Counting rhyme about saiga [*Saygach'ya schitalochka*]. 2022, Available at <https://zapovednik-chernyezemli.ru/без-рубрики/сайгачья-читалочка/> (Date of Access 22/09/2022).
38. Sidorov SV, Bukreeva OM. Population cycles of the saiga in the Northwest Pre-Caspian [*Populyatsionnyye tsikly saygaka Severo-Zapadnogo Prikaspia*] VI Congress of the Theriological Society [*VI S'yezd teriologicheskogo obshchestva*]. Moscow: Izdatel'stvo Rossel'khozakademii, 1999:232.
39. State of the world's biodiversity for food and (data обращения 22.09.2022)].
35. Рожнов В.В., Ячменникова А.А., Добрынин Д.В. 2014. О возможности выявления сайгака (*Saiga tatarica*) на спутниковых снимках высокого разрешения // Доклады Академии наук. Т. 459. № 6. С. 769-773.
36. Сайгаки уничтожают посевы саратовских фермеров. 2022. [Электронный ресурс <https://gtrk-saratov.ru/sajgaki-unichtozhayut-posevy-saratovskih-fermerov/> (дата обращения 22.09.2022)].
37. Сайгачья считалочка [Электронный ресурс <https://zapovednik-chernyezemli.ru/без-рубрики/сайгачья-читалочка/> (дата обращения 22.09.2022)].
38. Сидоров С.В., Букреева О.М. 1999. Популяционные циклы сайгака Северо-Западного Прикаспия // VI Съезд териологического общества. М.: Изд-во Россельхозакадемии. С. 232.
39. Состояние биоразнообразия в мире для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Краткий обзор. 2019. Комиссия по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства ФАО. 16 с. [Электронный ресурс <https://www.fao.org/3/CA3229RU/ca3229ru.pdf> (дата обращения 22.09.2022)].
40. Судьба сайгаков в Казахстане: что говорят экологи, ученые и о чем заявляют фермеры. 2022. [Электронный ресурс https://www.inform.kz/ru/sud-ba-saygakov-v-kazahstane-cto-govoryat-ekologi-uchenye-i-o-chem-zayavlyayut-fermery_a3952746 (дата обращения 22.09.2022)].
41. Уголовный кодекс Российской Федерации. 2017. [Электронный ресурс <http://stykrf.ru> (дата обращения 22.09.2022)].
42. Уголовный кодекс Республики Казахстан от 3 июля 2014 года № 226-V (с изменениями и дополнениями по состоянию на 12.09.2022 г.). 2022. [Электронный ресурс https://online.zakon.kz/document/?doc_id=31575252&pos=363;-48#pos=363;-48 (дата обращения 22.09.2022)].
43. Учет сайгаков Северо-Западного Прикаспия будут вести с помощью

- agriculture [*Sostoyaniye bioraznoobraziya v mire dlya proizvodstva prodovol'stviya i vedeniya sel'skogo khozyaystva*] Short Review [*Kratkiy obzor*]. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 2019:16, Available at <https://www.fao.org/3/CA3229RU/ca3229ru> (Date of Access 22/09/2022).
40. The fate of saigas in Kazakhstan: what ecologists, scientists say and what farmers say [*Sud'ba saygakov v Kazakhstane: chto govoryat ekologi, uchenyye i o chem zayavlyayut fermery*]. 2022, Available at https://www.inform.kz/ru/sud-ba-saygakov-v-kazahstane-chto-govoryat-ekologi-uchenyye-i-o-chem-zayavlyayut-fermery_a3952746 (Date of Access 22/09/2022).
41. The Criminal Code of the Russian Federation [*Ugolovnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii*]. 2017, Available at <http://stykrf.ru> (Date of Access 22/09/2022).
42. The Criminal Code of the Republic of Kazakhstan No. 226-V as of 03/06/2014 (with changes and additions as of 09/12/2022) [*Ugolovnyy kodeks Respubliki Kazakhstan (s izmeneniyami i dopolneniyami)*]. 2022, Available at https://online.zakon.kz/document/?doc_id=31575252&pos=363;-48#pos=363;-48 (Date of Access 22/09/2022).
43. Saigas census in the Northwest Pre-Caspian region will be carried out using drones [*Uchet saygakov Severo-Zapadnogo Prikasiya budet vesti s pomoshch'yu bespilotnikov*]. 2022, Available at https://tass.ru/obschestvo/14551515?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (Date of Access 22/09/2022).
44. Chimed Dorj B., Sergelen E., Buweibatar B. The impact of anthropogenic factors on the distribution and movement of saigas in Western Mongolia [Vliyanije antropogennykh faktorov na rasprostraneniye i peremeshcheniye saygakov v Zapadnoy Mongoli] *Saiga News*. 2016;21:35-37.
45. Sher A.V. Fossil saiga in the north of Eastern Siberia and Alaska [Iskopayemaya sayga na severe Vostochnoy Sibiri i Alyaski] *Bulletin of the commission for the study of the Quaternary period [Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda]*. 1967;33:97-112.
46. Baryshnikov GF, Tikhonov AN. Notes on skulls of Pleistocene Saiga of Northern Eurasia. *Historical Biology*. 1994;4:209-234.
47. Briggs JC. Emergence of a sixth mass extinction?
- беспилотников. 2022. [Электронный ресурс https://tass.ru/obschestvo/14551515?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (дата обращения 22.09.2022)].
44. Чимеддорж Б., Сергелен Э., Бувеябатар Б. 2016. Влияние антропогенных факторов на распространение и перемещение сайгаков в Западной Монголии // *Saiga News*. № 21. С. 35-37.
45. Шер А.В. 1967. Ископаемая сайга на севере Восточной Сибири и Аляски // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. № 33. С. 97-112.
46. Baryshnikov G.F., Tikhonov A.N. 1994. Notes on skulls of Pleistocene Saiga of Northern Eurasia // *Historical Biology*. Vol. 4. P. 209-234.
47. Briggs J.C. 2017. Emergence of a sixth mass extinction? // *Biological Journal of the Linnean Society*. Vol. 122. Is. 2. P. 243-248.
48. Buuveibaatar B., Fuller T.K., Fine A.E., Chimed Dorj B., Young J.K., Berger J. 2013. Changes in grouping patterns of saiga in relation to intrinsic and environmental factors in Mongolia // *Journal of Zoology*. Vol. 29. P. 51-58.
49. Clark E.L., Javzansuren M., Dulamtseren J., Baillie E.M., Batsaikhan N., Samiya R., Stubbe M. 2006. Mongolian Red List of Mammals. London: Zoological Society of London. P. 64-66.
50. Ceballos G., Ehrlich P.R., Dirzo R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. No. 114 (30). P. E6089-E6096. [Электронный ресурс <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1704949114> (дата обращения 22.09.2022)].
51. Fewer than 3800 Mongolian Saiga antelopes remain in Mongolia: WWF. 2019. [Электронный ресурс <https://www.wwf.mg/?344814/Fewer-than-3800-Mongolian-Saiga-antelopes-remain-in-Mongolia-WWF> (дата обращения 22.09.2022)].
52. Gao X., Xu W., Yang W., Blank D., Qiao J.F., Xu K.F. 2011. Status and distribution of ungulates in Xinjiang, China // *Journal of Arid Land*. Vol. 3. No. 1. P. 49-

- Biological Journal of the Linnean Society.* 2017;122 (2):243-248.
48. Buuveibaatar B, Fuller TK, Fine AE, Chimeddorj B, Young JK, Berger J. Changes in grouping patterns of saiga in relation to intrinsic and environmental factors in Mongolia. *Journal of Zoology*. 2013;29:51-58.
 49. Clark EL, Javzansuren M, Dulamtseren J, Baillie EM, Batsaikhan N, Samiya R, Stubbe M. Mongolian Red List of Mammals. London: Zoological Society of London, 2006:64-66.
 50. Ceballos G, Ehrlich PR, Dirzob R. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. Proc. of the National Academy of Sciences. 2017;114 (30):E6089-E6096, Available at <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1704949114> (Date of Access 22/09/2022).
 51. Fewer than 3800 Mongolian Saiga antelopes remain in Mongolia: WWF. 2019, Available at <https://www.wwf.mg/?344814/Fewer-than-3800-Mongolian-Saiga-antelopes-remain-in-Mongolia-WWF> (Date of Access 22/09/2022).
 52. Gao X, Xu W, Yang W, Blank D, Qiao JF, Xu KF. Status and distribution of ungulates in Xinjiang, China. *Journal of Arid Land*. 2011;3 (1):49-60.
 53. Karimova TYu, Lushchekina AA, Neronov VM. Saiga Populations of Russia and Kazakhstan: Current Status and Retrospective Analysis of Some Biological Parameters. *Arid Ecosystems*. 2021;11:164-172.
 54. Karimova TYu, Lushchekina AA, Neronov VM, Pyurvenova NYu, Arylov YuN. Biological features of the Northwest Pre-Caspian Saiga population at different sizes. *Arid Ecosystems*. 2020;10 (4):298-304.
 55. Kuhl A, Balinova N, Bykova E, Arylov Yu, Esipov A, Lushchekina A, Milner-Gulland EJ. The role of saiga poaching in rural communities: Linkages between attitudes, socio-economic circum-stances and behavior. *Biological Conservation*. 2009;143:1442-1449.
 56. Lushchekina AA, Dulamtseren S, Amgalan L, Neronov VM. The status and prospects for conservation of the Mongolian saiga *Saiga tatarica mongolica*. *Oryx*. 1999;33:21-30.
 57. Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference / eds. D.E. Wilson, D.M. Reeder. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005:2142 p.
 58. Milner-Gulland E.J., Bukreeva O.M., Coulson T., Lushchekina A.A., Khodolova M.V., Bekenov A.B., Grachev I.A. 2003. Reproductive collapse in saiga antelope harems // *Nature*. Vol. 422. P. 135.
 59. Mongolian saiga population hits 10,077. 2021 [Электронный ресурс https://m.akipress.com/news:664939:Mongolian_saiga_population_hits_10,077 (дата обращения 22.09.2022)].
 60. Neronov V.M., Arylova N.Yu., Dubinin M.Yu., Karimova T.Yu., Lushchekina A.A. 2013. Current state and

- Lushchekina AA, Kholodova MV, Bekenov AB, Grachev IA. Reproductive collapse in saiga antelope harems. *Nature*. 2003;422:135.
59. Mongolian saiga population hits 10,077. 2021, Available at https://m.akipress.com/news:664939:Mongolian_saiga_population_hits_10,077 (Date of Access 22/09/2022).
60. Neronov VM, Arylova NYu, Dubinin MYu, Karimova TYu, Lushchekina AA. Current state and prospects of preserving saiga antelope in Northwest Pre-Caspian region. *Arid Ecosystems*. 2013;3 (2):57-64.
61. The global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). 2019:60, Available at https://ipbes.net/sites/default/files/inline/files/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf (Date of Access 22/09/2022).
- prospects of preserving saiga antelope in Northwest Pre-Caspian region // Arid Ecosystems. Vol. 3. P. 57-64 [Неронов В.М., Арылова Н.Ю., Дубинин М.Ю., Каримова Т.Ю., Лущекина А.А. 2013. Современное состояние и перспективы сохранения сайгака в Северо-Западном Прикаспии // Аридные экосистемы. Т. 19. № 2 (55). С. 5-14.]
61. The global assessment report on biodiversity and ecosystem services. 2019. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). 60 p. [Электронный ресурс https://ipbes.net/sites/default/files/inline/files/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf (дата обращения 22.09.2022)].

УДК 599.735.53:591.5

ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ САЙГАКА В РОССИИ – ЕСТЬ ЛИ БУДУЩЕЕ?

© 2022 г. Т.Ю. Каримова*, **, А.А. Лущекина*, В.М. Неронов*,
Ю.Н. Арылов***, Н.Ю. Пюрвенова****

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН
Россия, 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 33. E-mail: rusmabcom@gmail.com

**Институт водных проблем РАН
Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: katayur@gmail.com

***Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова
Россия, 358000, г. Элиста, ул. Пушкина, д. 11. E-mail: kalmsaiga@mail.ru

****Независимый исследователь
Россия, 358001, г. Элиста, пер. Гермашева, д. 54а. E-mail: arylova@gmail.com

Поступила в редакцию 01.11.2022. После доработки 10.11.2022. Принята к публикации 01.12.2022.

Выработанные в ходе эволюции жизненные стратегии сайгака (раннее вступление в размножение и высокая плодовитость самок, полигамия, стадность, миграции и др.) позволили виду сохраниться со временем мамонтовой фауны в изменяющихся условиях среды. В голоцене начался новый этап в истории сайгака – существование с человеком. Помимо истребления этих животных в результате массовой охоты, стало расти влияние человека на среду обитания животных за счет широкого распространения земледелия, особенно в Западной Европе, что отразилось на сокращении ареала вида в исторический период. К началу XX века от сплошного и обширного ареала сайгака остались лишь отдельные пятна, и в Европе он встречался только в нетронутых человеком глухих уголках нижнего течения реки Волги, а в Азии – на Устюрте, в Бетпак-Дале, в междуречье Или-Каратал, Китае и Монголии. Благодаря предпринятым в 1920-е гг. советским правительством охранным мерам, в настоящее время в мире существует пять популяций сайгака, из которых четыре популяции – Северо-Западного Прикаспия (Россия), Уральская (Казахстан, Россия), Устюртская (Казахстан, Узбекистан, Туркменистан),

Бетпакдалинская (Казахстан, Россия) – относятся к номинативному подвиду *S. t. tatarica*, а пятая популяция – *S. t. mongolica* (=*S. borealis*) – обитает в Западной Монголии. С конца прошлого века состояние популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия вызывает особую озабоченность. Наряду со снижением численности сайгака (с 800 тыс. в 1958 г. до 5 тыс. в 2015 г.) сократилась и площадь зоны его основного обитания (с 60-70 тыс. км² до 2-3 тыс. км², соответственно). Значительная часть популяции перешла к оседлому образу жизни на охраняемых территориях экорегиона «Черные земли». Нехватка половозрелых самцов в популяции (менее 10 %) на протяжении продолжительного времени привела к сокращению ее прироста и, следовательно, к снижению численности. Благодаря предпринятым на разных уровнях мерам с 2016 г. популяция сайгака в Северо-Западном Прикаспии начала постепенно увеличиваться (до 18-19 тыс. в 2022 г.). Дальнейший рост ее численности в настоящее время зависит от эффективности действий, которые предполагается осуществить в рамках реализации «Стратегии сохранения сайгака в Российской Федерации» – кроме организации эффективной охраны и полномасштабного мониторинга, это и недопущение фрагментации мест обитания сайгака за счет снятия разного рода препятствий для кочевок, улучшение качества местообитаний, создание новых охраняемых территорий разного уровня в наиболее подходящих местообитаниях и объединение их путем создания экологических коридоров в единую сеть, расширение и активизация эколого-просветительской деятельности.

Ключевые слова: сайгак, популяции сайгака, численность, ареал, Северо-Западный Прикаспий, сохранение сайгака.

Благодарности. В заключении авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам заказника «Степной» и его директору В.Г. Калмыкову за многолетнее плодотворное сотрудничество, а также А.Н. Гилеву за предоставленные фотографии, сделанные в заказнике «Степной».

Финансирование. Работа выполнена по теме НИР Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Госзадание № 1021062812203-8 «Фундаментальные проблемы охраны живой природы и рационального использования биоресурсов», а также по теме НИР фундаментальных исследований ИВП РАН за 2022-2024 гг. «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий» (№ FMWZ-2022-0002), № государственной регистрации AAAA-A18-118022090104-8.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-4-28-49

EDN: QVMVAB

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 574.4; 574.5

**ДИНАМИКА ОРНИТОКОМПЛЕКСОВ ЛЕСНОЙ И ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОН
ИВАНОВСКОЙ И ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ
ФОНОВОГО КЛИМАТА И ВОДНОСТИ РЕК В УСЛОВИЯХ
АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

© 2022 г. И.Б. Шаповалова

Институт водных проблем РАН

Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: ibshapovalova@yandex.ru

Поступила в редакцию 01.11.2022. После доработки 15.11.2022. Принята к публикации 01.12.2022.

В работе изложены результаты мониторинга орнитокомплексов пойменных экосистем бассейнов малых рек Тульской и Ивановской областей на примере рек Птань и Вязьма за период 2019-2022 гг. Даны характеристика состава и структуры пойменных орнитокомплексов малых рек зоны смешанных лесов и лесостепной зоны. Произведен анализ сезонной и разногодичной динамики пойменного орнитокомплекса по основным показателям трансформации (видовое разнообразие и обилие). Апробирована ранее разработанная методика оценки трансформации прибрежных орнитокомплексов зарегулированных участков малых рек, находящихся в интразональных условиях. Установлена связь видового состава и обилия прибрежных орнитокомплексов с гидрологическим режимом рек и изменением фоновых климатических показателей (осадки, температурный режим). Даны рекомендации по поддержанию и сохранению популяций редких и уязвимых видов птиц долин зарегулированных участков рек.

Ключевые слова: Ивановская область, Тульская область, мониторинг, динамика, оценка, фактор воздействия, зона смешанных и широколиственных лесов, лесостепная зона, пойменные экосистемы, речная пойма, интразональный ландшафт, аридизация, гидрологический режим, климат, осадки, влажность, видовой состав, численность, плотность населения, обилие, орнитокомплексы, популяция, редкие виды, Красная книга, болотно-околоводный комплекс.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-4-50-70

EDN: JWYDZG

Продолжены исследования по изучению экологических последствий воздействия климатических и антропогенных факторов на прибрежные природные комплексы и их элементы (в частности, на птиц) речных пойм малых рек центральных районов России при изменении водного режима их территорий, долины реки и водосборных территорий (Шаповалова, 2019, 2020, 2021). В период с 2019 по 2022 гг. был осуществлен мониторинг динамики пойменных наземных экосистем (на примере орнитокомплексов) зарегулированных участков малых рек лесной и лесостепной зон, который позволил установить связь этих экосистем с изменениями фонового климата и водностью рек в условиях усиления антропогенной нагрузки.

В настоящее время изменения фонового климата и водности больших и малых рек при увеличении антропогенной нагрузки часто сопровождаются нарушениями их водного режима, ландшафтной структуры, почвенного и растительного покрова, а также режима хозяйственного использования (Кузьмина, Трешкин, 2014, 2015, 2018; Кузьмина и др., 2022; Уланова, 2010; Природные комплексы ..., 2014; Шаповалова, 2016а, 2016б, 2017, 2019, 2020, 2021). Следствием таких нарушений окружающей среды прилегающих пойменных территорий на зарегулированных участках рек является изменение характера воздействия

речной системы на них, которое сопровождается трансформациями природных экосистем речной долины (в том числе, орнитокомплексов), изменениями их структурной организации и функционирования. Мониторинг трансформаций экосистем речных пойм лесной и лесостепной зоны, изучение их динамики под воздействием природных, антропогенных факторов и климата, а также определение доли участия средних и малых рек в поддержании и сохранении видового разнообразия флоры и фауны регионов является актуальной научной проблемой. Её решение позволит дать экологическое обоснование для принятия мер по наиболее рациональному управлению земельными и водными ресурсами в центральных районах России (Центральный федеральный округ).

В работе были использованы данные, полученные вследствие ранее разработанной методики оценки изменения прибрежных орнитокомплексов как одного из наиболее пластичных компонентов наземных экосистем по выявленным диагностическим показателям их трансформации в связи с изменением водного режима водоема и прилегающих к нему территорий в результате усиления антропогенного воздействия. В использованной *методике оценки трансформации орнитофауны болотно-околоводного комплекса при изменении водного режима водоема и климата* был учтён *фактор интразональности*.

Материалы и методы

Район исследований. В область нашего интереса входили зарегулированные участки русла малых рек Вязьмы и Птань лесной (зона смешанных лесов) и лесостепной природных зон, расположенные в их верхнем течении. Верховья этих рек имеют схожие параметры, поэтому они были выбраны в качестве района исследований. Для них характерно узкое (не шире 5-15 м) и неглубокое русло (до 2.0 м), малый уклон и низкая скорость течения. Берега лесистые, частично заболоченные. Их водный режим характеризуется высоким весенним половодьем, низкой летне-осенней меженью с отдельными паводками в период сильных дождей и устойчивой зимней меженью. На исследуемых участках преобладает смешанный тип питания – снеговое, дождевое, подземными водами, с преобладанием стока за счет талых вод, где основную роль в годовом стоке играет снеготаяние (60-80%), а меньшее значение (20-40%) имеют дождевое и грунтовое питание (Соколов, 1952; Владимирская ..., 2022; Доклад ..., 2011; Широкова, 2012; Внутренние ..., 2022; Реки ..., 2022).

В работе использованы данные опубликованных литературных источников и комплексных экологических наблюдений, полученных в весенне-летний период 2019-2022 гг. на прибрежных территориях зарегулированных участков малых рек Вязьма и Птань в Ивановской и Тульской областях, расположенных в зоне смешанных лесов и лесостепей.

Для оценки влияния климатического фактора на трансформацию пойменных орнитокомплексов за период с 2019 по 2022 гг. были проанализированы архивные данные метеостанций (среднемесячные показатели осадков и температур), ближайших к району исследований, гидрометеорологической станции Волово в Тульской области и Тейково в Ивановской области (Летопись погоды, 2000-2022). В районе исследований были осуществлены наблюдения за сезонным (месячным) изменением уровня воды. Для этого с апреля по сентябрь в 2019-2022 гг. были произведены замеры уровня воды на р. Птань, а на р. Вязьма – в 2020-2022 гг. В результате анализа соотношения между показателями сезонного уровня воды и среднемесячными осадками была получена устойчивая корреляция с высокой степенью достоверности ($r = 0.98$, $\alpha = 0.01$). Следовательно, полученные показатели могут быть использованы в оценке *трансформации орнитофауны болотно-околоводного комплекса* при апробации разработанной методики (рис. 1).

В исследовании был применен принцип ландшафтно-географической системы экотонов

«вода-суша» В.С. Залетаева (1997). Орнитологические исследования выполнены по стандартным методикам, маршрутным методом в сочетании с работой на стационарах (Равкин, 1967; Ларина и др., 1981; Vergeles, 1994). Русские и латинские названия таксонов птиц приводятся в соответствии со сводками Л.С. Степаняна (1990, 2003) и Е.В. Коблика с соавторами (2006). Для анализа населения птиц в отдельных ландшафтных выделах использована бальная шкала (Кузякин, 1962; Валуев, 2007; табл. 1).

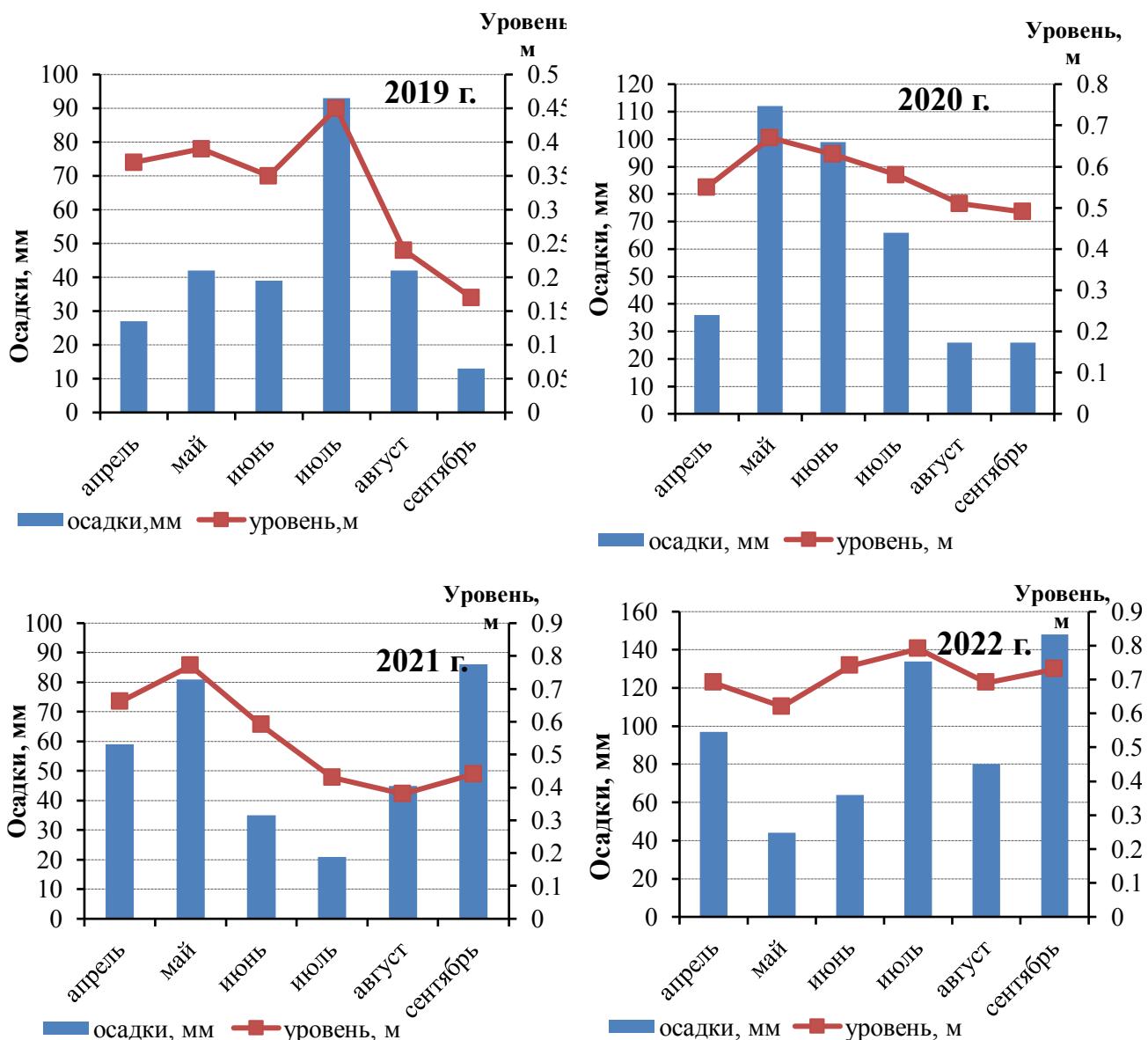


Рис. 1. Динамика месячных осадков и уровня воды на зарегулированном участке в верховье р. Птань (НПУ = 2.0 м) на юго-востоке Тульской области за период с 2019 по 2022 гг.

Fig. 1. Dynamics of monthly precipitation and water level in a regulated area in the upper reaches of the Ptan River (normal headwater level is 2.0 m) in the south-east of the Tula Region for the period from 2019 to 2022.

В основу исследования положена разработанная ранее методика оценки трансформации орнитофауны болотно-околоводного комплекса при изменении водного режима,

где учитывался фактор интразональности (Шаповалова, 2018). Согласно этой методике, на основании полученных результатов исследований 2012-2018 гг. у водоемов смежных климато-географических зон, степной и полупустынной, был отмечен интразональный характер, который проявлялся в сходстве растительного покрова прибрежных биотопов, отличных от типичных зональных ценозов, а также в сходстве видового состава прибрежной орнитофауны (67% сходства и более) как в период гнездования, так и в период сезонных миграций (Шаповалова, 2018). Поэтому такие водоемы могут служить объектами для сравнения и оценки и удовлетворяют требованиям используемой методики.

Основным методическим подходом в ней является метод «опыт-контроль», предусматривающий рассмотрение изменения основных показателей состояния орнитокомплекса: числа видов всего комплекса, плотности населения экологических групп видов по градиенту обсыхания водоема (обводнение/осушка) и зависимости от климатического фактора (изменения фонового показателя климата: осадки, средняя месячная температура воздуха). В качестве «контроля» использовались данные водоема, не имеющего тенденции к обсыханию/обводнению. Для анализа связи выбранного показателя и фактора среды была создана общая классификация по годам исследований в зависимости от степени обводненности водоема, которой соответствовала система градаций по показателям плотности населения птиц в прибрежном орнитокомплексе: *контрольный* год (до осушки/обводнения водоема), *переходный* год (внезапное изменение уровня воды) – резкое сокращение видов-индикаторов и их плотности, *экстремальный* («плохой») год (иссушение/заливание, I год после резкого изменения показателя обводненности – незначительное присутствие видов индикаторной экологической группы, например, лимнофильной или дендрофильной), *пессимальный* («очень плохой») год (II год после изменения показателя основного фактора воздействия среды) – полное отсутствие видов индикаторной экологической группы.

Таблица 1. Сравнение категорий птиц по шкалам балльных оценок обилия, предложенных А.П. Кузякиным (1962) и В.А. Валуевым (2007). **Table 1.** Birds' categories of A.P. Kuzyakin (1962) and V.A. Valuev (2007) compared according to their abundance scores.

Категория птиц	А.П. Кузякин (1962), особи/км ²	В.А. Валуев (2007) для хищных птиц, особи/км ²
Абсолютно преобладающие (CCC)	100 и более	1-9
Многочисленные (CC)	10-99	0.1-0.99
Обычные (C)	1-9	0.01-0.09
Малочисленные (R)	0.1-0.9	0.001-0.009
Редкие (RR)	0.01-0.09	0.0001-0.0009
Очень редкие (RRR)	0.001 и менее	0.00001 и менее

Согласно разработанной методике и результатам анализа количественных данных (2012-2018 гг.) прибрежной орнитофауны степных водоемов, была создана *шкала видового разнообразия*, которая использовалась в настоящей работе для оценки трансформации орнитофауны поймы рек зоны смешанных лесов и лесостепей в районе исследований за период с 2019 по 2022 гг. Шкала показывает динамику видового разнообразия в пойменном орнитокомплексе (в основном за счет видов из лимнофильной группы) при осушении или

обводнении водоема, в зависимости от изменения площади его водного зеркала и объема. Отмечена тенденция к сокращению биоразнообразия лимнофильных видов при уменьшении площади водного зеркала, но к увеличению – при обводнении (Шаповалова, 2018).

Основной целью являлось изучение динамики пойменных экосистем малых рек центральных районов России с применением разработанной методики оценки трансформации орнитокомплексов в связи с изменением гидрологического режима водного объекта и фонового климата. Объектом исследований служили орнитокомплексы, а в качестве предмета исследований определено изменение основных показателей орнитокомплексов при изменении водного режима водоема (обсыхание/обводнение) в умеренных и северо-западных регионах.

Итогом исследований 2019-2022 гг. стала оценка изменения прибрежных орнитокомплексов как одного из наиболее пластичных компонентов наземных экосистем, проведенная по выявленным диагностическим показателям, и их трансформации в связи с изменением водного режима водоема и прилегающих к нему территорий в результате изменения фонового климата и усиления антропогенного воздействия. В используемой методике оценки трансформации орнитофауны болотно-околоводного комплекса учитывался фактор интразональности.

Результаты и обсуждение

Гидрологический режим водоемов в районах исследований (р. Вязьма и р. Птань) в настоящее время полностью изменен низконапорными гидroteхническими сооружениями (Владимирская ..., 2022; Доклад ..., 2011; Широкова, 2012; Внутренние ..., 2022; Реки ..., 2022). Исследуемые участки русла зарегулированы низконапорными плотинами (или насыпными дамбами) с низкой пропускной способностью. Они играют роль небольших равнинных водохранилищ накопительного типа, основное назначение которых – орошение местных сельхозугодий, водопой скота, а в условиях городской территории (р. Вязьма) они используются в промышленности и имеют питьевое назначение. Распределение стока внутри года на этих участках происходит неравномерно, т.к. до 80% всего объема годового стока приходится на весенне-половодье в марте-апреле с продолжительным периодом разлива (до 40 дней). На них отсутствуют частые и спонтанные подъемы воды с большой амплитудой колебания уровня в летнюю межень в июне-июле (период гнездования). Поэтому во время гнездования (конец половодья – летняя межень) для исследуемых участков рек Вязьма и Птань характерно плавное постепенное изменение уровня воды с минимальной амплитудой колебаний уровня, но разным темпом его спада (резкие скачки уровня наблюдаются редко).

В ходе исследований (2019-2022 гг.) установлено, что в гнездовой период в прибрежных орнитокомплексах основной сдвиг динамики численности и обилия околоводных и водоплавающих видов птиц, гнездящихся в зоне заливания (их перемещение и перераспределение), связан с особенностями протекания и завершения периода половодья в разные годы исследований (разные сроки наибольшего подъема уровня воды, различия в темпах и уровне ее спада) и с климатическими (погодными) условиями, которые могут вызывать дополнительные паводки к началу июня (Карташов, 1974; Шаповалова, 2018). Отмечено, что в годы с резко меняющимися погодными и гидрологическими условиями в пик сезона размножения (май-июнь) наблюдается существенное перераспределение численности птиц в зоне заливания и изменение соотношения отдельных лимнофильных видов птиц прибрежного орнитокомплекса, что может оказывать влияние на межгодовую динамику их суммарных показателей численности и обилия (Карташов, 1974; Головатин, 2001; Граждан, 2002; Шаповалова, 2020, 2021). Так, при резком падении уровня воды и обсыхании мелководья на водоеме было отмечено стремительное увеличение обилия

видов куликов и сокращение численности уток (Карташов, 1974; Шаповалова, 2018), которые, в свою очередь, можно считать *индикаторными* видами.

В ходе проведенных исследований 2019-2022 гг. было отмечено сходство видового состава и числа видов в прибрежных орнитокомплексах исследуемых территорий пойм малых рек Ивановской и Тульской областей, что свидетельствует о схожих биотопических условиях, кормности (кормовой базы) исследуемых территорий и выраженном факторе интразональности среды. Так, в пойме р. Птань в весенне-летний период (май-июнь) ежегодно встречаются 105 видов птиц, которые относятся к 11 отрядам и 24 семействам. Из них 104 вида постоянно гнездятся и составляют 65% от общей (182 вида) гнездовой фауны Тульской области. На территории поймы р. Вязьма в районе исследований отмечено 115 постоянно гнездящихся видов, которые относятся к 13 отрядам, 31 семействам и 65 родам. Из них 17 видов занесены в Красную Книгу РФ (2001).

Видовое разнообразие гнездовой орнитофауны пойменных территорий рек обоих участков исследований отличается неоднородностью состава, в котором преобладают лимнофильные (30% – р. Вязьма, 36% – р. Птань) и дендрофильные виды (53% – р. Вязьма, 42% – р. Птань). Эта тенденция подтверждается также результатами анализа экологических групп по обилию. Так, среди дендрофильных видов наибольшим видовым богатством на р. Птань обладают группы многочисленных (СС) – 25 и обычных (С) видов – 13, а на р. Вязьма выделяются группы обычных (С) и малочисленных (Р) видов – по 26. Среди лимнофильных видов на обоих участках рек преобладают группы обычных и малочисленных видов: 14 и 11 на р. Птань, 9 и 23 на р. Вязьма. Видовое разнообразие и обилие остальных экологических групп незначительно (рис. 2). Такое распределение по группам обилия соответствует нормальному распределению видов в сообществе, что подтверждает его устойчивость.

Как отмечает ряд авторов, *изменение уровня воды в водоеме* является основным фактором воздействия на прибрежные орнитокомpleксы (Мельничук, 1968, 1974; Толчин, Толчина, 1974; Books, 1985; Шаповалова, Завьялов, 2009). На водоемах с зарегулированным стоком резкие и частые колебания уровня воды разной периодичности (с амплитудой 0.5-1.0 м и более) способны оказывать крайне негативное воздействие на водоплавающих и другие виды птиц болотно-околоводного комплекса, гнездящихся на земле недалеко от уреза воды. Особенно опасны для гнездования в прибрежной зоне залповые сбросы воды в июне. Отмечено, что нестабильность гидрорежима в гнездовой сезон сопровождается повышенным отходом яиц, ухудшением кормовой базы и гибелью водной растительности (Ушаков, 1969а, б; Ерёменко, 1984). Но в то же время частые колебания воды могут оказывать на некоторые лимнофильные виды и положительный эффект. Так, при понижении уровня на побережье в зоне осушки в большом количестве остаются водные беспозвоночные, а при его подъеме в воду попадают наземные беспозвоночные, что способствует расширению кормовой базы птиц, добывающих пищу с поверхности почвы или воды (Books, 1985).

На участках с зарегулированным речным стоком большинство водоплавающих и околоводных видов птиц, гнездящихся в прибрежной зоне и на мелководьях, испытывает прямое влияние водного фактора и способно выдерживать лишь определенные пороговые значения амплитуды колебаний уровня воды в гнездовой период (до 1.0 м), не превышающие норму реакции вида на этот фактор. В противном случае (при амплитуде суточных или резких сезонных колебаний от 1.0 м и более) наблюдается значительное увеличение процента гибели кладок вследствие заливания гнездовых стаций и общее сокращение численности гнездовой популяции, которое в этом случае может составлять 50% (Толчин, Толчина, 1974; Шаповалова, Завьялов, 2009), а при совпадении подъема уровня воды с пиком насиживания большинства птиц гибель может составлять до 100% кладок (Горшков, 1980). Наибольшую опасность представляют островные участки суши, которые

при внезапном подъеме уровня полностью заливаются и становятся своеобразными «экологическими ловушками» (Болотников и др., 1986).

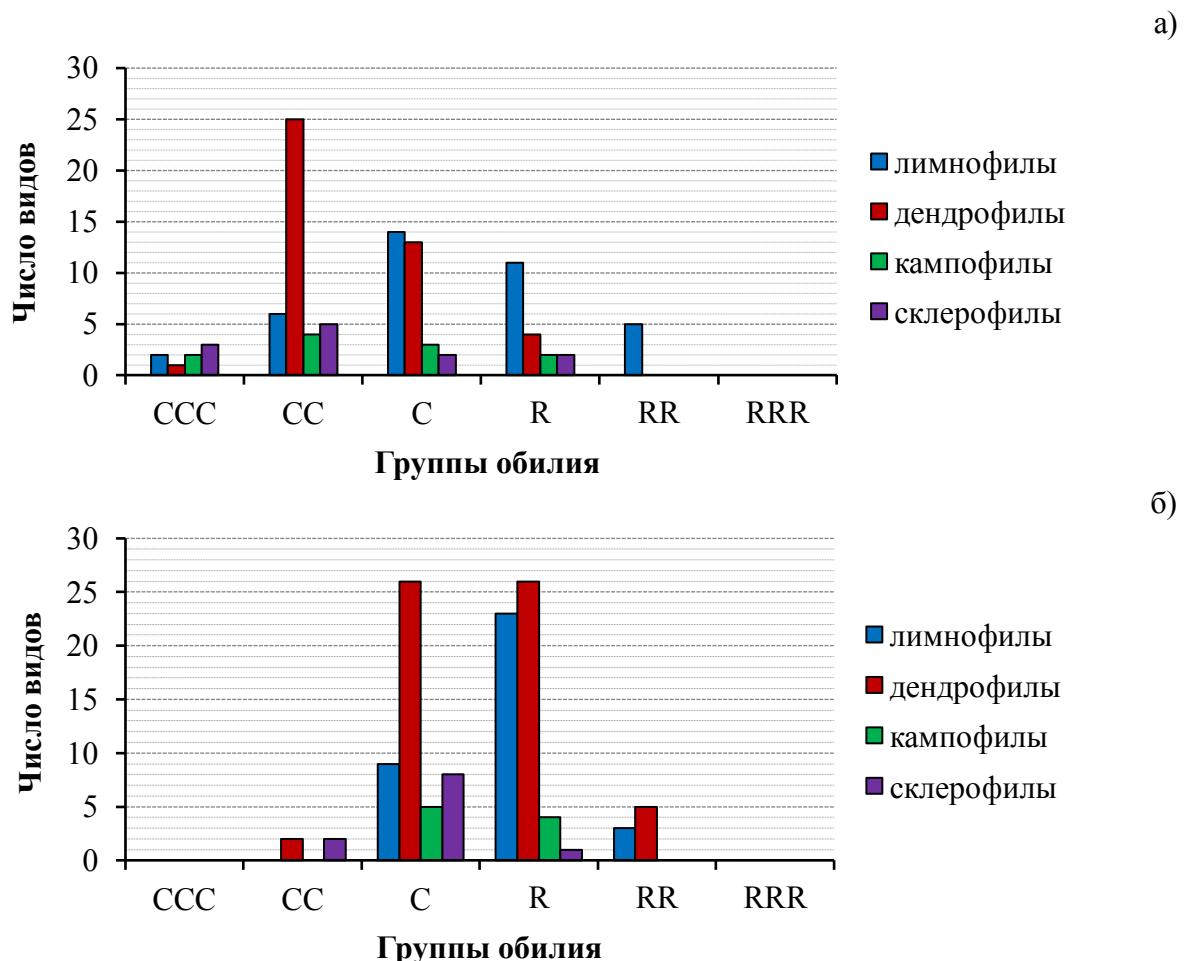


Рис. 2. Распределение видов различных экологических групп по группам обилия в пойме малых рек Птань (а) и Вязьма (б). Условные обозначения: CCC – абсолютно преобладающий вид, CC – многочисленный, С – обычный, R – малочисленный, RR – редкий, RRR – очень редкий. **Fig. 2.** Distribution of the different ecological groups of bird species according to their abundance in the floodplain of the small rivers Ptan (a) and Vyazma (b). Legend: CCC – absolutely dominant species, CC – numerous, C – common species, R – quite rare, RR – rare, RRR – extremely rare.

Отмечено, что в период гнездования у различных видов птиц болотно-околоводного комплекса, которые обитают в прибрежной зоне зарегулированных участков рек и испытывают воздействие частого изменения гидрорежима водоема, наблюдается разная ответная реакция на колебания уровня воды. Так, например, большая и серощекая поганки могут успешно гнездиться при колебаниях уровня, не превышающих 5-10 см, в то время как лысуха, камышница, красноголовый нырок и хохлатая чернеть способны переносить амплитуду колебаний до 40 см (Books, 1985). Однако если амплитуда превышает норму реакции вида, то птицы перестают гнездиться на данном водоеме и встречаются там только на пролете или на летних кочевках. Особенно это характерно для поганок, гагар и уток (Books, 1985). У колониально гнездящихся видов чайковых птиц (чайки, крачки) в процессе

эволюции выработались адаптации к частым изменениям гидрорежима, которые позволяют им успешно существовать на таких водоемах и быстро заселять их акватории (Мельников, 1982).

В ходе проведенных работ (2019-2022 гг.) осуществлена апробация ранее разработанной методики (Шаповалова, 2018) с применением шкалы видового разнообразия пойменной орнитофауны за разные годы исследований и дана оценка особенностей трансформации пойменных орнитокомплексов зарегулированных участков рек Вязьма и Птань. Для этого все годы исследований были распределены в соответствии с характером воздействия водного и климатического факторов на пойменную орнитофауну (изменение видового состава и обилия) в гнездовой период. Каждому году присвоен отдельный статус (*контрольный, оптимальный, переходный, пессимальный*), который соответствует характеру воздействия отдельных показателей фонового климата (среднемесячная температура, осадки) и водного режима водоема (особенности водного режима: частота и амплитуда изменения уровня воды, площади поверхности водного зеркала и объема воды водоема).

Определено, что для р. Птань 2019 г. оказался средним по водности, с теплым летом, *оптимальный* по климатическим условиям и гидрологическому режиму (*контроль*), 2020 – год повышенной водности с холодным летом, *пессимальный*, неблагоприятный для птиц (*экстремальный, плохой*), 2021 – год повышенной водности с теплым летом, благоприятный для пойменного орнитокомплекса (*оптимальный, очень хороший*), 2022 – многоводный год с теплым летом, характеризуется нормальными условиями для успешного размножения (*переходный, хороший*). Для р. Вязьма были рассмотрены 3 года с 2020 по 2022 гг.: 2020 г. был многоводным, с холодным летом (*экстремальный*), 2021 – год повышенной водности (*переходный*), 2022 – средний по водности год с теплым летом, благоприятный для птиц прибрежного орникомплекса (*оптимальный*).

Ранее было установлено (Шаповалова, Завьялов, 2009), что при частичном (неполном) осушении водоема и понижении уровня воды на 0.1-0.4 м биоразнообразие пойменного орнитокомплекса сокращается незначительно, примерно на 10-20% (поганкообразные, некоторые утки – широконоска, красноголовый нырок). При более существенном понижении уровня (0.5-1.0 м) отмечено сокращение биоразнообразия на 50%, в основном за счет крупных водоплавающих видов (гусеобразные – чирок-трескунок, хохлатая чернеть; пастушковые – лысуха, камышница и т.д.). При частичном осушении происходит временное перераспределение численности видов болотно-околоводного комплекса. При этом численность водоплавающих сокращается, а численность околоводных видов и обитателей мелководий, наоборот, нарастает (ржанкообразные, цаплевые, пастушковые) в связи с образованием дополнительных гнездовых стаций и наибольшей доступностью кормовых объектов. При обводнении водоема наблюдается обратный процесс: с начала гнездового сезона (начало мая) повсеместно увеличивается видовое разнообразие и обилие водоплавающих и болотно-околоводных видов птиц.

Выявлена связь между суммарным обилием лимнофильной группы птиц и количеством осадков в июне (рис. 3, 4). Отмечено, что суммарное обилие птиц болотно-околоводного комплекса снижалось, если пик сезона размножения (май-июнь) приходился на дождливый и холодный период, который обычно сопровождался подъемом уровня и заливанием побережий. Так, в 2020 году большое количество осадков, выпавших в мае-июне, совпало с концом половодья, что способствовало значительному подъему уровня воды в мае (на 0.67 м, при НПУ = 2.0 м), сохранению его высоких отметок на протяжении всего летнего периода (гнездового сезона) и заливанию побережий. Полностью залитой оказалась вся нижняя пойма, включая всю полосу тростника и участки заливных лугов нижнего экологического уровня. В 2022 году высокое стояние воды в половодье и повышенное количество осадков в мае – начале июня нивелировалось теплыми месячными температурами и жарким

засушливым периодом последующих летних месяцев, что способствовало частичному восстановлению биоразнообразия и численности лимнофильных видов на побережье.

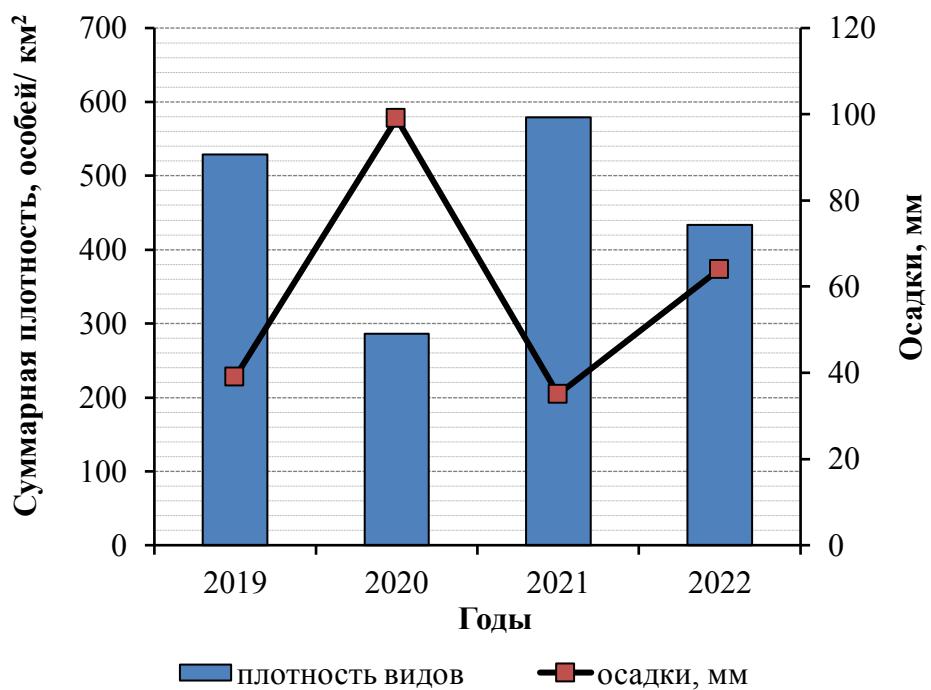


Рис. 3. Динамика общей плотности лимнофильных видов и осадков в июне в лесостепной зоне на реке Птань Тульской области, в период в районе с 2019 по 2022 гг. **Fig. 3.** Dynamics of the total density of limnophilic species and June precipitation in the forest-steppe zone of the Ptan River, Tula Region in 2019-2022.

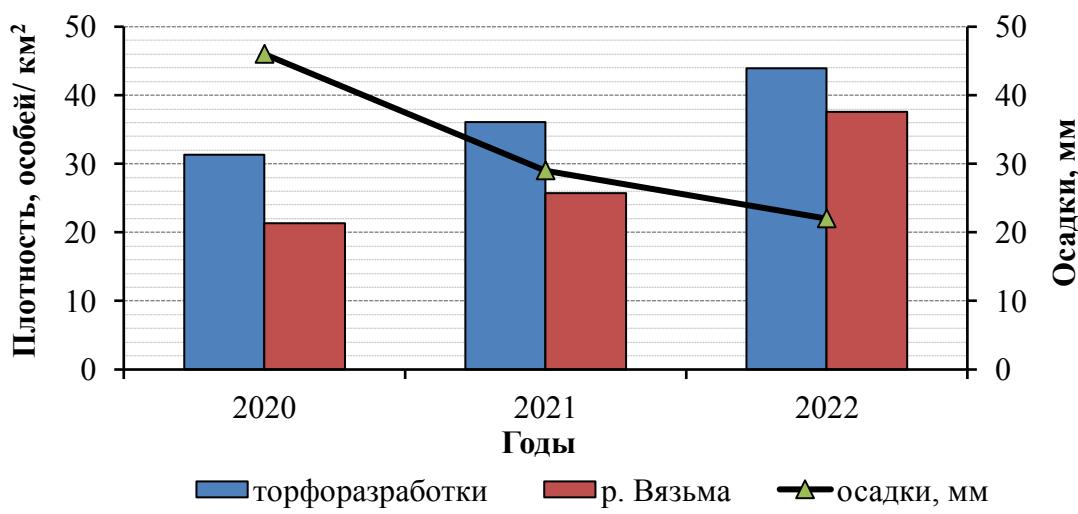


Рис. 4. Динамика общей плотности лимнофильных видов и суммарных осадков в июне в лесной зоне на реке Вязьма и в районе торфоразработок (Сахтыш-Рубское) Ивановской области, в период с 2020 по 2022 гг. **Fig. 4.** Dynamics of the total density of limnophilic species and total June precipitation in the forest zone of the Vyazma River and in the peat mining area of Sakhtysh-Rubskoye, Ivanovo Region in 2020-2022.

Похожий процесс наблюдался на зарегулированном участке в пойме р. Вязьмы. Так, в 2020 году наблюдалась теплая зима и сниженное (по сравнению с нормой в этот период) количество выпавших в зимние месяцы осадков, а также раннее снеготаяние – в начале марта. Однако средний по продолжительности (около 30 дней) период половодья совпал с повышенным количеством осадков в мае (89 мм), что определило резкий подъем уровня воды в мае-июне (0.68 и 0.65 м), который сопровождался стабильно высокими отметками в последующие летние месяцы (уровень в июле – 0.62 м) и продолжительным периодом заливания нижней части поймы (до середины августа). Таким образом, произошел повторный подъем уровня воды к середине мая (после начала насиживания), после чего он оставался стабильно высоким на протяжении практически всего периода гнездования.

Такое резкое изменение уровня водоема в комплексе с пониженными температурами мая-июня и повышенным количеством выпавших осадков сопровождалось общим сокращением численности и общего обилия (на 30%) гнездящихся в нижней пойме водоплавающих и околоводных видов птиц. Подобная отрицательная динамика численности и обилия у водоплавающих, связанная с двойным, весенним и раннелетним, подъемом воды, а также с запоздалыми высокими паводками, описана в работах В.Г. Папченкова (1990). Одной из причин сокращения численности является частичная гибель кладок водоплавающих и некоторых околоводных птиц в прибрежной зоне. В дальнейшем при стабилизации уровня в водоеме нарастание численности уток происходит синхронно росту запасов их растительных кормов и обусловлено кормностью угодий, которая, в свою очередь, зависит от динамики гидрорежима (Папченков, 1990; Экзерцев, 1963).

В июне 2022 года, напротив, период половодья был сопряжен с низким количеством осадков в апреле (9 мм) и умеренным количеством осадков в мае (51 мм), что позволило стабилизировать уровень зарегулированного участка в мае-июне на средних отметках (0.46 м и 0.44 м) с последующим плавным снижением в июле-августе. Отмечен постепенный спад уровня воды на зарегулированном участке р. Вязьмы в течение последующих летних месяцев, что оказалось оптимальным для водоплавающих и околоводных птиц прибрежного орнитокомплекса. Хорошо отреагировали на такой гидрологический режим кряква, чирок-трескунок, хохлатая чернеть, красноголовый нырок лысуха, камышница, большая выпь, погоныш, камышевка-барсучок и речной сверчок (рис. 4).

Анализ динамики суммарного обилия птиц экологических групп в пойме р. Птань показал, что в них сохраняется тенденция к сокращению численности в годы с холодным и дождливым летом (2020 г.) и увеличению в годы с оптимальными климатическими условиями (2019 и 2021 гг.), когда наблюдается средняя или повышенная водность и теплое лето, средний уровень в водоеме (рис. 5). Установлено, что наиболее чувствительными к изменениям гидрорежима водоема и общим климатическим условиям являются группы лимнофильных и дендрофильных видов. Кампофильные и склерофильные группы имеют толерантную реакцию.

В ходе исследования на основе разработанной методики осуществлена оценка трансформации орнитофауны поймы в связи с изменением гидрорежима водоема и фонового климата за период 2019 по 2022 гг. (рис. 6, 7). На зарегулированных участках рек Птань и Вязьма выявлена динамика обилия гнездящихся лимнофильных видов, наиболее типичных для пойменного орнитокомплекса. Определена зависимость этого показателя от изменения уровня воды, площади водной поверхности и длительности заливания прибрежных биотопов, а также изменения основных климатических показателей в гнездовой период за разные годы исследований (2019-2022 гг.). Для этого были выбраны лимнофильные виды птиц болотно-околоводного комплекса с разной силой ответной реакции на изменение уровня воды и заливание гнездовых стаций в период размножения: *индикаторные виды* (сильно чувствительные, выдерживают колебание уровня до 10 см), *виды средней*

чувствительности (колебания уровня до 40 см), толерантные виды (колебания уровня от 50 и более см). В качестве индикаторных видов были выбраны большая поганка (*Podiceps cristatus*) и обыкновенный погоныш (*Porzana porzana*), для Ивановской области – камышевка-барсучок (*Acrocephalus schoenobaenus*), виды со средней чувствительностью – кряква (*Anas platyrhynchos*), лысуха (*Fulica atra*), толерантные – озерная чайка (*Larus ridibundus*), речная крачка (*Sterna hirundo*).

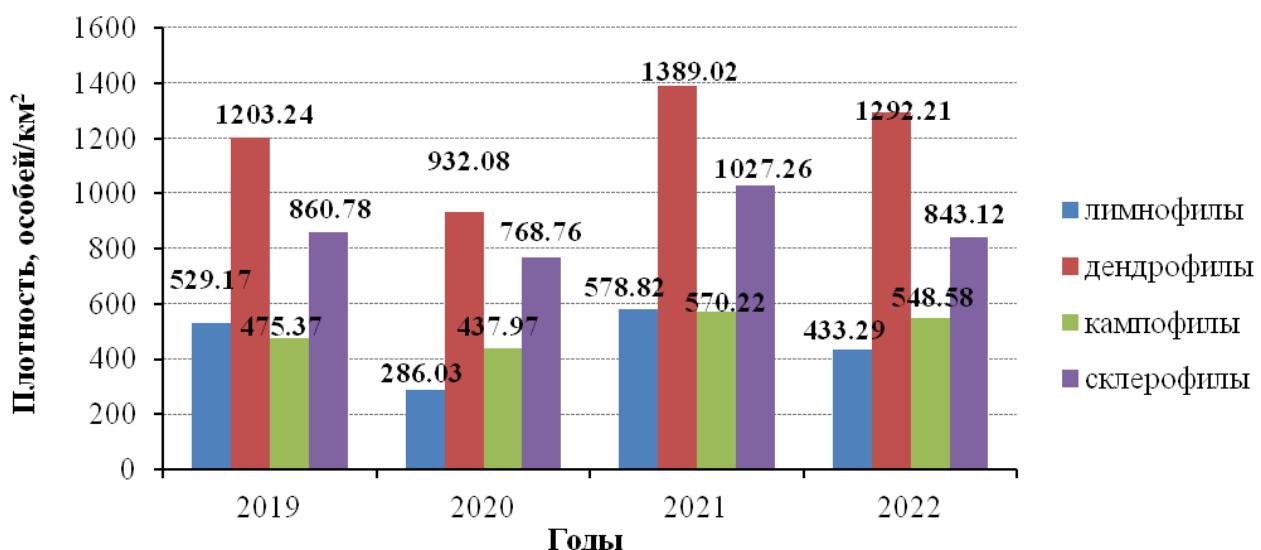


Рис. 5. Динамика суммарного обилия гнездящихся птиц в пойме р. Птань (Тульская область) в период с 2019 по 2022 гг. **Fig. 5.** Dynamics of the total abundance of nesting birds in the floodplain of the Ptan River, Tula Region in 2019-2022.

В ходе анализа поймы р. Птань в Тульской области установлено, что оптимальным для индикаторных видов птиц (водоплавающие, низкогнездящиеся воробьиные, некоторые пастушковые) является 2019 г. со средней водностью и 2021 г. с повышенной водностью, когда плотность этих видов была наибольшей (2019 г. – 2.7 и 1.3 особей/км береговой линии; 2021 г. – 1.5 и 0.4 соответственно). В эти годы наблюдался более-менее стабильный уровень, когда амплитуда его сезонных колебаний не превышала 40 см в месяц, а суточных – 5-10 см, с теплым летом со среднемесячными температурами 24-26°C. В 2020 году, экстремальном, повышенной водностью и холодным летом (среднемесячная температура – 21-22°C), отмечена наименьшая плотность индикаторных видов (большая поганка – 0.2 особей/км береговой линии; второй вид (погоныш обыкновенный) отсутствовал). Похожая тенденция наблюдалась и у видов со средней чувствительностью (кряква, лысуха). Обилие толерантных видов (чайковые) не сильно зависит от изменения уровня воды, т.к. они обладают широким спектром адаптивных механизмов и при необходимости могут строить плавучие гнезда. Однако в холодном 2020 году их численность была ниже по сравнению с другими годами исследований.

Аналогичная тенденция распределения обилия лимнофильных видов разной степени чувствительности отмечена в июне на р. Вязьма в Тейковском районе Ивановской области (рис. 7).

В 2020 году, экстремальном, с холодным летом, у индикаторных видов отмечено наименьшее обилие (0.3 и 1.5 особей/км береговой линии), которое увеличилось в переходный 2021 г. (0.5 и 2.1 особей/км береговой линии), а наибольшая плотность отмечена в оптимальном 2022 году со средней водностью и теплым летом (1.8 и 2.8 особей/км

береговой линии). Подобная реакция на изменение гидрорежима зарегулированного участка р. Вязьма сохраняется у видов со средней чувствительностью: 2020 г. – 3.1 и 1.4; 2021 г. – 4.1 и 1.7; 2022 г. – 4.8 и 2.5 особей/км береговой линии соответственно. Что касается толерантных видов с высокой адаптивной способностью (чайковые), то у них на протяжении всего периода исследований наблюдалась довольно высокая плотность с небольшой тенденцией к снижению в экстремальный 2020 год, предположительно, в связи с неблагоприятными климатическими условиями.

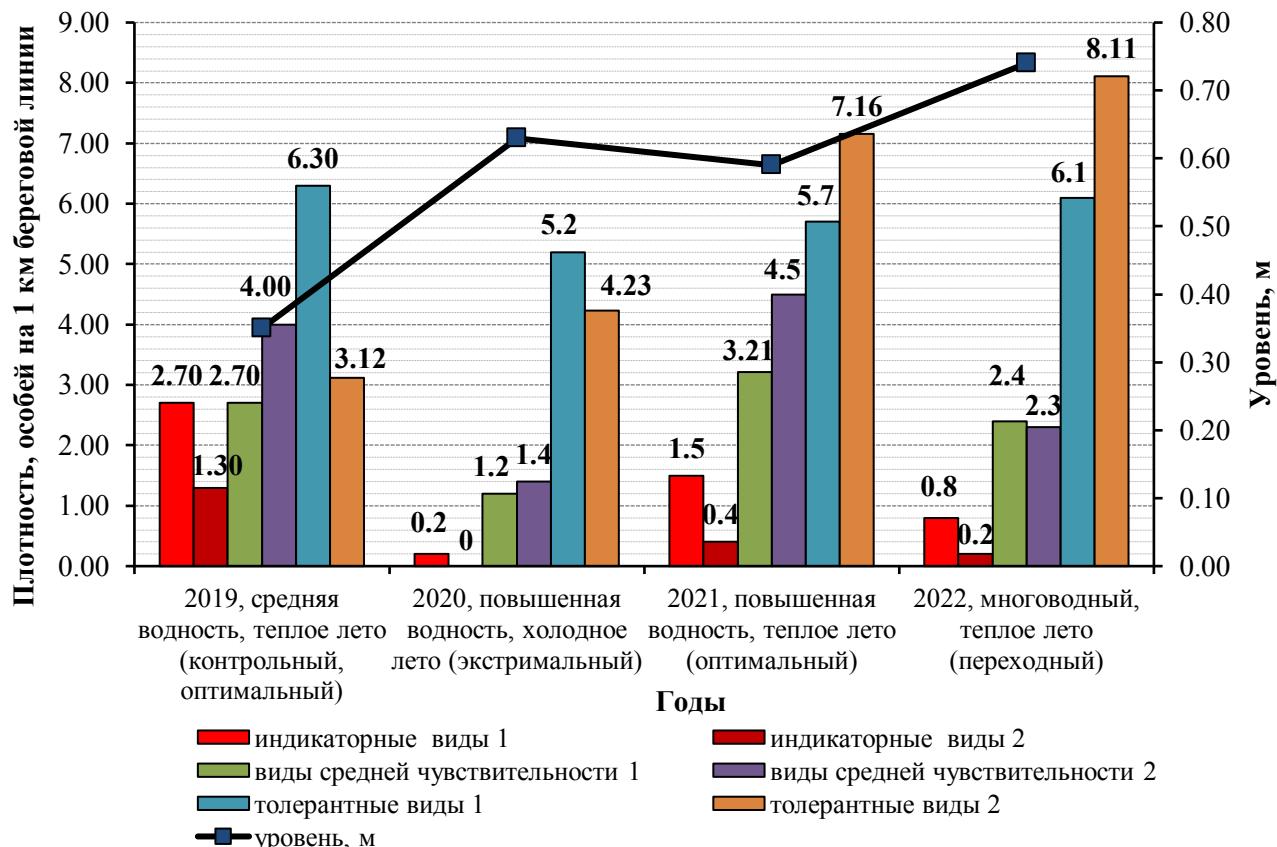


Рис. 6. Динамики обилия лимнофильной группы птиц побережья зарегулированного участка поймы в верховье р. Птань (НПУ = 2.0 м) на юго-востоке Тульской области при изменении фоновых климатических условий и уровня воды в июне с 2019 по 2022 гг. **Fig. 6.** Dynamics of abundance of limnophilic group of birds along the coast of the regulated floodplain area in the upper reaches of the Ptan River (normal headwater level is 2.0 m) in the south-east of the Tula Region under the changes of the background climate conditions and water level in June from 2019 to 2022.

Стоит отметить, что на стабильно повышенное обводнение с минимальными колебаниями уровня и положительными климатическими показателями (теплое лето с небольшим или умеренным количеством месячных осадков) в гнездовой период положительно отзываются большинство видов водоплавающих и околоводных видов, а резкое понижение обводнения, резкие колебания уровня и затяжные неблагоприятные погодные условия в пик гнездового сезона (дождливое холодное лето), напротив, снижают показатель их встречаемости (Головатин, 2001; Граждан, 2002; Шаповалова, 2020). Так, высокая степень обводнения положительно сказывается на таких видах, как широконоска, шилохвость, но индифферентно реагируют серая утка, хохлатая чернеть,

а отрицательно – кряква, красноголовый нырок, чирок-трескунок, т.к. для них оптимальным будет средняя обводненность и теплое лето.

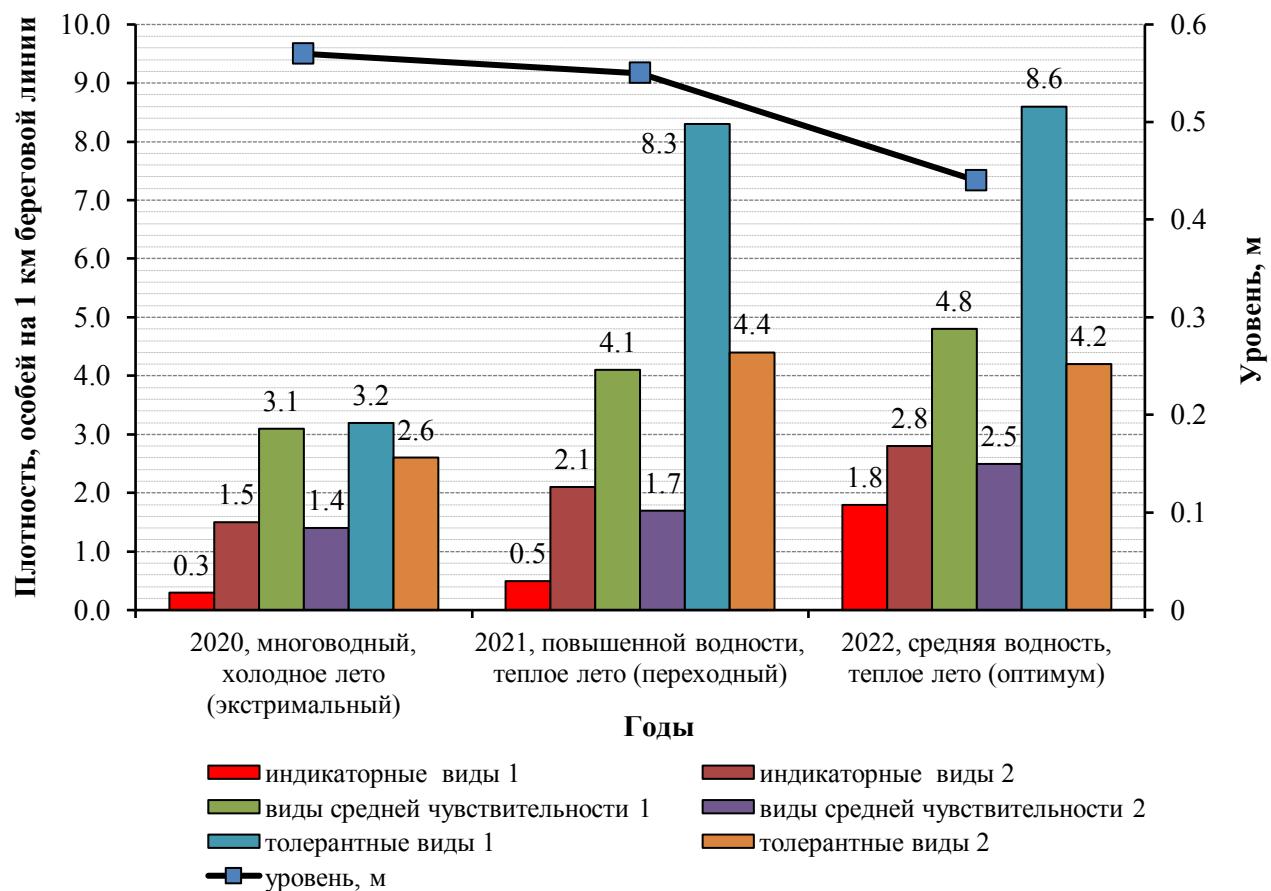


Рис. 7 Динамики обилия лимнофильной группы птиц побережья зарегулированного участка поймы в верховье р. Вязьма (бассейн р. Клязьмы; НПУ = 2.0 м) на западе Ивановской области при изменении фоновых климатических условий и уровня воды в июне с 2019 по 2022 гг. **Fig. 7.** Dynamics of abundance of limnophilic group of birds of the coast of the regulated floodplain area in the upper reaches of the Vyazma River (Klyazma River basin; normal headwater level is 2.0 m) in the west of the Ivanovo Region under the changes of the background climate conditions and water level in June from 2019 to 2022.

Также было отмечено, что при резком обводнении (при дополнительном сбросе воды после периода половодья в мае-июне или при дополнительном паводке, а также при резком подъеме воды в межень в июне) у местных водоплавающих и болотно-околоводных видов птиц в начале гнездового сезона (начало мая) повсеместно наблюдается резкое увеличение видового разнообразия и обилия. Оно незначительно спадает к середине июня с исчезновением весенних мигрантов (май – окончание весенней миграции птиц). Но в целом общее обилие птиц находится на высоком уровне. Это явление происходит за счет увеличения на водоеме численности уже зарегистрированных ранее гнездящихся видов (расселяющиеся особи), появления новых видов-вселенцев с других территорий, летающих видов (молодые или не размножающиеся особи) и случайных залетных видов (доля которых очень низка). Начиная с конца июня в общем обилии видов болотно-околоводного комплекса водоема увеличивается доля участия молодых особей гнездящихся видов (слетки этого года) и линных птиц. Основной прирост численности и обилия на водоеме происходит за счет

гусеобразных, ржанкообразных, аистообразных (цаплевых) и некоторых околоводных хищных видов птиц (соколообразные, совообразные), а также некоторых воробьинообразных видов (камышевки, сверчки).

Заключение

Таким образом, можно утверждать, что водный фактор оказывает ведущее воздействие на видовой состав и обилие лимнофильной группы птиц, обитающих в зоне смешанных лесов и лесостепей на территории нижней поймы р. Вязьма и р. Птань в условиях зарегулированного стока. Определяющими факторами трансформации прибрежного орнитокомплекса являются изменение уровня воды в водоеме, амплитуда и частота его колебаний (суточные, сезонные) в пик размножения, изменение площади водного зеркала и продолжительность заливания гнездовых территорий (стаций) водоплавающих и некоторых околоводных видов птиц, которые способствуют изменению условий их обитания и вызывают перестройку водно-болотных орнитокомплексов (изменение состава и численности фоновых видов, формирование специфических сезонных и суточных ритмов жизни птиц).

Ведущими оценочными показателями состояния болотно-околоводного орнитокомплекса для водоемов зоны смешанных лесов и лесостепной зоны, находящихся в интразональных условиях, являются *видовое разнообразие* птиц лимнофильной экологической группы (водоплавающие, болотно-околоводные виды), а также их *численность и плотность населения*. Так как последние показатели коррелируют друг с другом, то при оценке можно использовать один из них. Все выявленные показатели могут быть также использованы в качестве индикаторов изменения водного зеркала водоема.

В оптимальные годы (средней или повышенной водности) с благоприятными климатическими условиями и водным режимом (теплое лето, умеренное количество осадков, замедленный, без резких скачков, темп изменения уровня воды в течение гнездового сезона) отмечено повсеместное увеличение обилия гнездящихся видов, как среди индикаторных и чувствительных, так и среди толерантных видов. Общее обилие орнитокомплекса поймы возрастает также за счет пришлых и летающих видов. Увеличение биоразнообразия гнездящихся видов лимнофильной группы происходит, в основном, за счет образования дополнительных гнездовых стаций, в связи с разрастанием прибрежной растительности и увеличением кормовой базы (рыба, беспозвоночные, погруженная растительность и прочие).

В экстремальные годы (наличие резких подъемов уровня, длительного периода низких температур и осадков в пик сезона размножения) у гнездящихся в зоне заливания индикаторных (подъемы уровня более 10 см) и чувствительных видов (более 40 см) повсеместно отмечается снижение видового разнообразия и сокращение численности, а также снижение процента выхода птенцов в связи с затоплением их гнездовий. В переходный по степени обводнения и климатическим условиям год на побережье отмечается частичное восстановление биоразнообразия и численности за счет пришлых видов и адаптации местных гнездящихся к длительному высокому обводнению. Однако общая численность местных гнездящихся видов все ещё остается довольно низкой.

Разработанная методика является рабочей и может быть применима для оценки состояния прибрежной орнитофауны любого искусственного водоема равнинного типа, находящегося в интразональных условиях, для разных климатических зон за исключением зоны арктических пустынь и тундры.

Благодарности. Автор выражает особую благодарность главному редактору и рецензентам

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2022, том 6, № 4

журнала «Экосистемы: экология и динамика» за участие в подготовке статьи к публикации. Особую благодарность выражаю Кузьминой Ж.В., Тоболовой Е.И.

Финансирование. Работа выполнена по теме НИР фундаментальных исследований ИВП РАН за 2022-2024 гг. № FMWZ-2022-0002 «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий», № государственной регистрации AAAA-A18-118022090104-8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Болотников А.М., Еремченко М.И., Литвинов М.А. 1986. Дестабилизация и формирование новых орнитокомплексов под влиянием антропогенного пресса // Изучение птиц СССР, их охрана и рациональное использование. Тезисы докладов I Съезда ВОО и IX Всесоюзной орнитологической конференции, 16-20 декабря 1986 г. Ч. 2. Л. С. 135-136.
- Валуев В.А. 2007. Подход к оценке обилия хищных птиц // Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России. М.: МСХА им. К.А. Тимирязева. С. 350-351.
- Внутренние воды и водные ресурсы Тульской области. 2022 [Электронный ресурс] <http://www.naperekate.narod.ru/nachireki01.html> (дата обращения 21.10.2022)].
- Владимирская область // Большая Российская энциклопедия. 2022 [Электронный ресурс] <https://bigenc.ru/geography/text/5770471> (дата обращения 21.10.2022)].
- Головатин М.Г. 2001. Связь динамики населения воробышных птиц Субарктики с изменением климатических условий. Материалы международной конференции «Актуальные проблемы изучения и охраны птиц Восточной Европы и Северной Азии». Казань. С. 180-181.
- Горшков Ю.А. 1980. Гибель утиных кладок на Куйбышевском водохранилище // Влияние хозяйственной деятельности человека на популяции охотничьих животных и их среду обитания. Материалы к научной конференции 14-16 мая 1980 г. Т. 2. Киров. С. 78.
- Граждан К.В. 2002. Межгодовые

REFERENCES

- Bolotnikov AM, Eremchenko MI, Litvinov MA. Destabilization and formation of new ornithocomplexes under the influence of anthropogenic pressure [Destabilizatsiya i formirovaniye novykh ornitokompleksov pod vliyaniyem antropogennogo pressa] Study of birds of the USSR, their protection and rational use [Izuchenije ptits SSSR, ikh okhrana i ratsional'noye ispol'zovaniye] Abstracts of the I Congress of the All-Union Ornithological Conference and the IX All-Union Ornithological Conference, December 16-20, 1986 [Tezisy dokladov I S'yezda VOO i IKH Vsesoyuznoy ornitologicheskoy konferentsii]. Leningrad, 1986;2:135-136.
- Valuev VA. An approach to assessing the abundance of birds of prey [Podkhod k otsenke obiliya khishchnykh ptits] Conservation of animal diversity and hunting in Russia [Sokhraneniye raznoobraziya zhivotnykh i okhotnich'ye khozyaystvo Rossii]. Moscow: MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2007:350-351.
- Inland waters and water resources of the Tula region [Vnutrenniye vody i vodnyye resursy Tul'skoy oblasti], 2022, Available at <http://www.naperekate.narod.ru/nachireki01.html> (Date of Access 21/10/2022).
- Vladimir region [Vladimirskaya oblast'] Great Russian encyclopedia [Bol'shaya Rossiyskaya entsiklopediya]. 2022, Available at <https://bigenc.ru/geography/text/5770471> (Date of Access 21/10/2022).
- Golovatin MG. Relationship between population dynamics of passerine birds in the Subarctic and changes in climatic conditions [Svyaz' dinamiki nasele-niya vorob'inykh ptits Subarktiki s izmeneniyem klimaticheskikh usloviy] Proc. of the international conference "Actual problems of the study and protection of birds in Eastern Europe and North Asia" [Materialy mezhdunarodnoy konferentsii "Aktual'nyye problemy izucheniya i okhrany ptits Vostochnoy Evropy i Severnoy Azii"] J. Kazan, 2001:180-181.
- Gorshkov YuA. The death of duck clutches at the Kuibyshev reservoir [Gibel' utinykh kladok na Kuybyshevskom vodokhranilishche] Influence of human

- отличия населения птиц Северо-Восточного Алтая (в начале 60-х и конце 90-х гг. XX в.). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Новосибирск, Россия. 23 с.
8. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Ивановской области в 2011 году. Правительство Ивановской области Департамент государственного надзора (контроля) Ивановской области (Ивгоснадзор). 2011 [Электронный ресурс <https://refdb.ru/look/2156978-p3.html> (дата обращения 21.10.2022)].
 9. Еремченко М.И. 1984. Водоплавающие птицы Камского Предуралья // Современное состояние ресурсов водоплавающих птиц: Тезисы доклада Всесоюзного семинара, 20-23 октября 1984 г. М. С. 37-38.
 10. Залетаев В.С. 1997. Структурная организация экотонов в контексте управления // Экотоны в биосфере. М.: РАСХН. С. 11-29.
 11. Карташев Н.Н. 1974. Систематика птиц. М.: Высшая школа. 367 с.
 12. Красная книга Российской Федерации (животные). 2001. М.: АСТ, Астрель. 862 с.
 13. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2014. Климатические изменения в бассейне Нижней Волги и их влияние на состояние экосистем // Аридные экосистемы. Т. 20. № 3 (60). С. 14-32. [Kouzmina J.V., Treshkin S.E. 2014. Climate Changes in the Basin of the Lower Volga and Their Influence on the Ecosystem // Arid Ecosystems. Vol. 4. No. 3. P. 142-157.]
 14. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2015. Динамические изменения наземных экосистем поймы и дельты Нижней Волги под влиянием зарегулирования речного стока и климатических флюктуаций // Аридные экосистемы. Т. 21. № 4 (65). С. 39-53 [Kouzmina J.V., Treshkin S.E., Karimova T.Yu. 2015. Effects of River Flow Regulation and Climate Fluctuations on Dynamic Changes in the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Delta and Floodplain // Arid Ecosystems. Vol. 5. No. 4. P. 230-242.]
 15. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2018. economic activity on populations of hunting animals and their habitat [Vliyaniye khozyaystvennoy deyatel'nosti cheloveka na populyatsii okhotnich'ikh zhivotnykh i ikh sredu obitaniy] Materials for the Scientific Conference, May 14-16, 1980 [Materialy k nauchnoy konferentsii]. Kirov, 1980;2:78.
 7. Grazhdan KV. Interannual differences in the bird population of the North-Eastern Altai (in the early 1960s and late 1990s) [Mezhgodovyye otlichiya naseleniya ptits Severo-Vostochnogo Altaya (v nachale 60-kh i kontse 90-kh gg. XX v.)] Abstract of the PhD in Biology. Novosibirsk, Russia, 2002:23.
 8. Report on the state and environmental protection of the Ivanovo region in 2011 [Doklad o sostoyaniyu i ob okhrane okruzhayushchey sredy Ivanovskoy oblasti v 2011 godu] Government of the Ivanovo Region Department of State Supervision (Control) of the Ivanovo Region (Ivgosnadzor) [Pravitel'stvo Ivanovskoy oblasti Departament gosudarstvennogo nadzora (kontrolya) Ivanovskoy oblasti (Ivgosnadzor)]. 2011, Available at <https://refdb.ru/look/2156978-p3.html> (Date of Access 21/10/2022).
 9. Eremchenko MI. Waterfowl of the Kama Cis-Urals [Vodoplavayushchiye ptitsy Kamskogo Predural'ya] Current state of waterfowl resources [Sovremennoye sostoyaniye resursov vodoplavayushchikh ptits] Abstracts of the report of the All-Union Seminar, October 20-23, 1984 [Tezisy doklada Vsesoyuznogo seminara]. Moscow, 1984:37-38.
 10. Zaletaev VS. Structural organization of ecotones in the context of management [Strukturnaya organizatsiya ekotonov v kontekste upravleniya] Ecotones in the biosphere [Ekotony v biosfere]. Moscow: RASKHN, 1997:11-29.
 11. Kartashev NN. Birds' systematics [Sistematika ptits]. Moscow: Vysshaya shkola, 1974:367.
 12. Red Data Book of the Russian Federation (Animals) [Krasnaya kniga Rossiyiskoy Federatsii (zhivotnyye)]. Moscow: AST, Astrel', 2001:862.
 13. Kuzmina ZhV, Treshkin SE. Climate Changes in the Basin of the Lower Volga and Their Influence on the Ecosystem. Arid Ecosystems. 2014;4 (3):142-157.
 14. Kouzmina JV, Treshkin SE, Karimova TYu. Effects of River Flow Regulation and Climate Fluctuations on Dynamic Changes in the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Delta and Floodplain. Arid Ecosystems. 2015;5 (4):230-242.
 15. Kuzmina ZhV, Treshkin SE. Long-term changes in the humidity and temperature regime in the southern taiga zone of the European part of Russia (Upper Volga Basin) [Mnogoletniye izmeneniya vlazhnostno-temperaturnogo rezhima v zone yuzhnoy taygi yevropeyskoy chasti Rossii (basseyn

- Многолетние изменения влажностно-температурного режима в зоне южной тайги европейской части России (бассейн верхней Волги) // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 2 (154). С. 55-63.
16. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е., Черноруцкий С.В. 2022. Методические подходы к выявлению влияния гидротехнических сооружений и климатических изменений на динамику наземных экосистем // Использование и охрана природных ресурсов в России. № 2 (170). С. 3-12.
17. Кузякин А.П. 1962. Зоogeография СССР // Ученые записки Московского областного педагогического института имени Н.К. Крупской. Т. 109. С. 3-182.
18. Коблик Е.А., Редькин Я.А., Архипов В.Ю. 2006. Список птиц Российской Федерации. М.: Товарищество научных изданий КМК. 256 с.
19. Корнеева М.Е. 2013. Оценка водных и гидроминеральных ресурсов для развития рекреации и туризма в Тульской области // Современные проблемы науки и образования. № 1. С. 439-439. [Электронный ресурс <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8304> (дата обращения 21.10.2022)].
20. Ларина Н.И., Голикова В.Л., Лебедева Л.А. 1981. Учебное пособие по методике полевых исследований экологии наземных позвоночных. Саратов: Изд-во Саратовского университета. 120 с.
21. Летопись погоды, 2000-2022 [Электронный ресурс http://www.pogodaiklimat.ru/history/27432_2.htm; http://www.pogodaiklimat.ru/history/27824_2.htm (дата обращения 02.11.2022)]
22. Мельников Ю.И. 1982. О некоторых адаптациях прибрежных птиц // Экология. № 2. С. 64-70.
23. Мельничук В.А. 1968. О водоплавающих птицах Киевского водохранилища // Ресурсы водоплавающей дичи в СССР и их воспроизводство. М. Ч. 1. С. 78-79.
24. Мельничук В.А. 1974. О закономерностях формирования орнитофауны водохранилищ на равнинных реках // verkhney Volgi)] Use and protection of natural resources in Russia [Ispol'zovaniye i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii]. 2018;2 (154):55-63.
16. Kuzmina ZhV, Treshkin SE, Chernorutsky SV. Methodological approaches to identifying the impact of hydraulic structures and climate change on the dynamics of terrestrial ecosystems [Metodicheskiye podkhody k vyvleniyu vliyaniya gidrotekhnicheskikh sooruzheniy i klimaticheskikh izmeneniy na dinamiku nazemnykh ekosistem] Use and protection of natural resources in Russia [Ispol'zovaniye i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii]. 2022;2 (170):3-12.
17. Kuzyakin AP. Zoogeography of the USSR [Zoogeografiya SSSR] Scientific Notes of N.K. Krupskaya Moscow Regional Pedagogical Institute [Uchenyye zapiski Moskovskogo oblastnogo pedagogicheskogo instituta imeni N.K. Krupskoy]. 1962;109:3-182.
18. Koblik EA, Redkin YaA, Arkhipov VYu. List of birds of the Russian Federation [Spisok ptits Rossiyiskoy Federatsii]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2006:256.
19. Korneeva ME. Assessment of water and hydro-mineral resources for the development of recreation and tourism in the Tula region [Otsenka vodnykh i gidromineral'nykh resursov dlya razvitiya rekreatsii i turizma v Tul'skoy oblasti] Modern Problems of Science and Education [Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya]. 2013;1:439-439, Available at <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8304> (Date of Access 21/10/2022).
20. Larina NI, Golikova VL, Lebedeva LA. Textbook on the method of field research on the ecology of terrestrial vertebrates [Uchebnoye posobiye po metodike polevykh issledovaniy ekologii nazemnykh pozvonochnykh]. Saratov: Izd-vo Saratovskogo universiteta, 1981:120.
21. Weather Chronicles [Letopis' pogody]. 2000-2022, Available at http://www.pogodaiklimat.ru/history/27432_2.htm & http://www.pogodaiklimat.ru/history/27824_2.htm (Date of Access 02/11/2022).
22. Melnikov YuI. About some adaptations of coastal birds [O nekotorykh adaptatsiyakh pribrezhnykh ptits] Ecology. 1982;2:64-70.
23. Melnichuk VA. About waterfowl of the Kyiv reservoir [O vodoplavayushchikh ptitsakh Kiievskogo vodokhranilishcha] Resources of waterfowl in the USSR and their reproduction [Resursy vodoplavayushchey dichi v SSSR i ikh vospriozvodstvo]. Moscow, 1968;1:78-79.
24. Melnichuk VA. On the patterns of formation of the avifauna of reservoirs on lowland rivers

- Материалы VI Всесоюзной орнитологической конференции. М. С. 341-342.
25. Папченков В.Г. 1990. Об охотохозяйственной роли зарегулированных мелководий водохранилищ с переменным уровнем наполнения // Интенсификация воспроизводства ресурсов охотничьих животных. Киров. С. 70-81.
26. Природные комплексы побережья Цимлянского водохранилища. 2014 / Ред. Н.М. Новикова. М.: Агронавчсервис. 152 с.
27. Равкин Ю.С. 1967. К методике учета птиц в лесных ландшафтах // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае (Северо-Восточная часть). Новосибирск: Наука. С. 66-75.
28. Реки и речки Веневского района. 2022 [Электронный ресурс <https://venevlib.ru/наши-виртуальные-выставки/реки-и-речки-веневского-района> (дата обращения 21.10.2022)].
29. Соколов А.А. 1952. Гидрография СССР. Л.: Гидрометеоиздат. 287 с.
30. Степанян Л.С. 1990. Конспект орнитологической фауны СССР. М.: Наука. С. 1-728.
31. Степанян Л.С. 2003. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: Академкнига. 806 с.
32. Толчин В.А., Толчина С.Н. 1974. Влияние колебаний уровня Братского водохранилища на приводных птиц // Материалы VI Всесоюзной орнитологической конференции, 1-5 февраля 1974 г. Ч. 2. М. С. 360.
33. Уланова С.С. 2010. Экологогеографическая оценка искусственных водоемов Калмыкии и экотонных систем «вода-суша» на их побережьях / Ред. Н.М. Новикова. М.: Издательство РАСХН. 263 с.
34. Ушаков В.А. 1969а. К изучению роли птиц в формировании фаунистических комплексов побережья Куйбышевского водохранилища // Вопросы формирования прибрежных биогеоценозов водохранилищ. М.: Наука. С. 71-86.
- [*O zakonomernostyakh formirovaniya ornitofauny vodokhranilishch na ravninnykh rekakh*] Proc. of the VI All-Union Ornithological Conference [Materialy VI Vsesoyuznoy ornitologicheskoy konferentsii]. Moscow, 1974:341-342.
25. Papchenkov VG. On the hunting role of regulated shallow reservoirs with a variable filling level [*Ob okhotkhozyaystvennoy roli zaregulirovannykh melkovodiy vodokhranilishch s peremennym urovnem napolneniya*] Intensification of the reproduction of hunting animal resources [*Intensifikatsiya vosproizvodstva resursov okhotnich'ikh zhivotnykh*]. Kirov, 1990:70-81.
26. Natural complexes of the coast of the Tsimlyansk reservoir [*Prirodnyye kompleksy poberezhy'a Tsimlyanskogo vodokhranilishcha*] / ed. N.M. Novikova. Moscow: Agronauchservis, 2014:152.
27. Ravkin YuS. To the method of counting birds in forest landscapes [*K metodike ucheta ptits v lesnykh landshaftakh*] Nature of foci of tick-borne encephalitis in Altai (North-Eastern part) [*Priroda ochagov kleshchevogo entsefalita na Altaye (Severo-Vostochnaya chast')*]. Novosibirsk: Nauka, 1967:66-75.
28. Rivers and rivers of the Venevsky region [*Reki i rechki Venevskogo rayona*]. 2022, Available at <https://venevlib.ru/our-virtual-exhibitions/rivers-and-rivers-venevsky-district> (Date of Access 21/10/2022).
29. Sokolov AA. Hydrography of the USSR [*Gidrografiya SSSR*]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1952:287.
30. Stepanyan LS. Synopsis of the ornithological fauna of the USSR [*Konspekt ornitologicheskoy fauny SSSR*]. Moscow: Nauka, 1990:1-728.
31. Stepanyan LS. Synopsis of the ornithological fauna of Russia and adjacent territories (within the borders of the USSR as a historical region) [*Konspekt ornitologicheskoy fauny Rossii i sopredel'nykh territoriy (v granitsakh SSSR kak istoricheskoy oblasti)*]. Moscow: Akademkniga, 2003:806.
32. Tolchin VA, Tolchina SN. Influence of fluctuations in the level of the Bratsk Reservoir on water birds [*Vliyaniye kolebaniy urovnya Bratskogo vodokhranilishcha na privodnykh ptits*] Proc. of the VI All-Union Ornithological Conference, February 1-5, 1974 [Materialy VI Vsesoyuznoy ornitologicheskoy konferentsii]. Moscow, 1974:2:360.
33. Ulanova SS. Ecological and geographical assessment of artificial reservoirs of Kalmykia and ecotone systems “water–land” on their coasts [*Ekologogeograficheskaya otsenka iskusstvennykh vodoyemov*

35. Ушаков В.А. 1969б. Влияние Куйбышевского водохранилища на фауну мелких млекопитающих прибрежной полосы // Вопросы формирования прибрежных биогеоценозов водохранилищ. М.: Наука. С. 113-124.
36. Шаповалова И.Б., Завьялов Е.В. 2009. Орнитокомплексы островов Волгоградского водохранилища: состав, структура и динамика / Ред. Н.М. Новикова. М.: РАСХН. 222 с.
37. Шаповалова И.Б. 2016а. Современное состояние орнитофауны искусственного водоема Сарпа под влиянием водного и антропогенного факторов // Проблемы региональной экологии. № 4. С. 38-45.
38. Шаповалова И.Б. 2016б. Современное состояние водохранилища Деед-Хулсун и его воздействие на прибрежную орникофлору вследствие изменения водного режима и усиления антропогенной нагрузки // Использование и охрана природных ресурсов России. № 4 (148). С. 35-40.
39. Шаповалова И.Б. 2017. Состояние биоразнообразия редких и исчезающих видов птиц внутренних водоемов степной зоны Юга России (республика Калмыкия) за 2008-2015 годы // Экосистемы: экология и динамика. Т. 1. № 4. С. 59-100. [Электронный ресурс <https://ecosystemsdynamic.ru/arxiv-1/> (дата обращения 21.10.2022)].
40. Шаповалова И.Б. 2018. Методика оценки состояния прибрежных орнитокомплексов на примере искусственных водоемов сухостепной зоны юга России (Республика Калмыкия) // Аридные экосистемы. Т. 24. № 4 (77). С. 58-65. [Shapovalova I.B. 2018. A Technique for Assessment of the State of Shore Ornithocomplexes Based on the Example of Artificial Reservoirs of the Dry-Steppe Zone in Southern Russia (Republic of Kalmykia) // Arid Ecosystems. Vol. 8. No. 4. P. 279-285.]
41. Шаповалова И.Б. 2019. Орнитофауна долины реки Птань в условиях антропогенного воздействия (юго-восток Тульской области) // Экосистемы: экология и динамика. Т. 3. № 3. С. 125-142. [Электронный ресурс *Kalmykii i ekotonnykh sistem "voda-susha" na ikh poberezh'yakh*] / ed. N.M. Novikova. Moscow: Izdatel'stvo RASKHN, 2010:263.
34. Ushakov VA. On the study of the role of birds in the formation of faunal complexes on the coast of the Kuibyshev reservoir [*K izucheniyu roli ptits v formirovaniyu faunisticheskikh kompleksov poberezh'ya Kuybyshevskogo vodokhranilishcha*] *Questions of the formation of coastal biogeocenoses of reservoirs [Voprosy formirovaniya pribrezhnykh biogeotsenozov vodokhranilishch]*. Moscow: Nauka, 1969a:71-86.
35. Ushakov VA. Influence of the Kuibyshev reservoir on the fauna of small mammals of the coastal strip [*Vliyaniye Kuybyshevskogo vodokhranilishcha na faunu melkikh mlekopitayushchikh pribrezhnoy polosy*] *Issues of formation of coastal biogeocenoses of reservoirs [Voprosy formirovaniya pribrezhnykh biogeotsenozov vodokhranilishch]*. Moscow: Nauka, 1969b:113-124.
36. Shapovalova IB, Zavyalov EV. Ornithocomplexes of the islands of the Volgograd reservoir: composition, structure and dynamics [*Ornitokompleksy ostrovov Volgogradskogo vodokhranilishcha: sostav, struktura i dinamika*] / ed. N.M. Novikova. Moscow: RAAS, 2009:222.
37. Shapovalova IB. The current state of the avifauna of the Sarpa artificial reservoir under the influence of water and anthropogenic factors [Sovremennoye sostoyaniye ornitofauny iskusstvennogo vodoyema Sarpa pod vliyaniem vodnogo i antropogenного faktorov] *Problems of regional ecology [Problemy regional'noy ekologii]*. 2016a;4:38-45.
38. Shapovalova IB. The current state of the Deed-Khulsun reservoir and its impact on the coastal avifauna due to changes in the water regime and increased anthropogenic pressure [Sovremennoye sostoyaniye vodokhranilishcha Deyed-Khulsun i yego vozdeystviyena pribrezhnuyu orniofaunu vsledstviye izmeneniya vodnogo rezhima i usileniya antropogennoy nagruzki] *Use and Protection of Natural Resources of Russia [Ispol'zovaniye i okhrana prirodnnykh resursov Rossii]*. 2016b;4 (148):35-40.
39. Shapovalova IB. The state of biodiversity of rare and endangered bird species of inland waters in the steppe zone of the South of Russia (Republic of Kalmykia) for 2008-2015 [Sostoyaniye bioraznoobraziya redkikh i ischezayushchikh vidov ptits vnutrennikh vodoyemov stepnoy zony Yuga Rossii (respublika Kalmykija) za 2008-2015 gody] *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2017;1 (4):59-100, Available at <https://ecosystemsdynamic.ru/arxiv-1/> (Date of Access 21/10/2022).
40. Shapovalova IB. A Technique for Assessment of the

- <https://ecosystemsdynamic.ru/arxiv-1/> (дата обращения 21.10.2022)].
42. Шаповалова И.Б. 2020. Трансформация орнитофауны долины реки Птань (юго-восток Тульской области) в условиях постоянного антропогенного воздействия // Экосистемы: экология и динамика. Т. 4. № 4. С. 105-112. [Электронный ресурс <https://ecosystemsdynamic.ru/arxiv-1/> (дата обращения 21.10.2022)].
43. Шаповалова И.Б. 2021. Орникомплексы долины реки Вязьма и северной части торфоразработок Сахтыш-Рубское в условиях антропогенного воздействия (юго-запад Ивановской области) // Экосистемы: экология и динамика. № 4С. 78-102. [Электронный ресурс <https://ecosystemsdynamic.ru/arxiv-1/> (дата обращения 21.10.2022)].
44. Широкова В.А. 2012. Экологическое состояние реки Непрядва на участке н/п Бутыровка-Монастырщино. Научный отчет. Заказчик «ГМЗ Куликово поле». М. 41 с. [Электронный ресурс <https://waterways.ru/wp-content/uploads/2018/01/Непрядва-2012.pdf> (дата обращения 21.10.2022)].
45. Экзерцев В.А. 1963. Зарастание литорали волжских водохранилищ // Труды Института биологии внутренних вод АН СССР. Вып. 6 (9). С. 15-29.
46. Books G.G. 1985. Avian Interactions with Mid-Columbia River Water Level Fluctuations // Northwest Science. Vol. 59. No. 4. P. 304-312.
47. Vergeles Yu.I. 1994. Quantitative Counts of Bird Population: A Methodological Review // Berkut. No. 3 (1). P. 43-48.
41. State of Shore Ornithocomplexes Based on the Example of Artificial Reservoirs of the Dry-Steppe Zone in Southern Russia (Republic of Kalmykia). *Arid Ecosystems*. 2018;8 (4):279-285.
41. Shapovalova IB. Avifauna of the Ptan river valley under anthropogenic impact (southeast of the Tula region) [Ornitofauna doliny reki Ptan' v usloviyakh antropogennogo vozdeystviya (yugo-vostok Tul'skoy oblasti)] *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2019;3 (3):125-142, Available at <https://ecosystemsdynamic.ru/arxiv-1/> (Date of Access 21/10/2022).
42. Shapovalova IB. Transformation of the avifauna of the Ptan river valley (southeast of the Tula region) under constant anthropogenic impact [Transformatsiya ornitofauny doliny reki Ptan' (yugo-vostok Tul'skoy oblasti) v usloviyakh postoyannogo antropogennogo vozdeystviya] *Ecosystems: ecology and dynamics*. 2020;4 (4):105-112, Available at <https://ecosystemsdynamic.ru/arxiv-1/> (Date of Access 21/10/2022).
43. Shapovalova IB. Ornicomplexes of the Vyazma river valley and the northern part of the Sakhtysh-Rubskoye peat extraction under anthropogenic impact (southwest of the Ivanovo region) [Ornikompleksy doliny reki Vyaz'ma i severnoy chasti torforazrabotok Sakhtysh-Rubskoye v usloviyakh antropogennogo vozdeystviya (yugo-zapad Ivanovskoy oblasti)] *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2021;4:78-102, Available at <https://ecosystemsdynamic.ru/arxiv-1/> (Date of Access 21/10/2022).
44. Shirokova VA. The ecological state of the Nepryadva River in the area of Butyrovka-Monastyrshchino [Ekologicheskoye sostoyaniye reki Nepryadva na uchastke n/p Butyrovka-Monastyrshchino]. Scientific report for “GMZ Kulikovo Pole”. Moscow, 2012:41, Available at <https://waterways.ru/wp-content/uploads/2018/01/Nepryadva-2012.pdf> (Date of Access 21/10/2022).
45. Ekzertsev VA. Overgrowing of the littoral of the Volga reservoirs [Zarastaniye litorali volzhskikh vodokhranilishch] *Proc. of the Institute of Biology of Inland Waters of the Academy of Sciences of the USSR [Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod AN SSSR]*. 1963;6 (9):15-29.
46. Books GG. Avian Interactions with Mid-Columbia River Water Level Fluctuations. *Northwest Science*. 1985;59 (4):304-312.
47. Vergeles YuI. Quantitative Counts of Bird Population: a Methodological Review. *Berkut*. 1994;3 (1):43-48.

**DYNAMICS OF ORNITHOCOMPLEXES OF THE FOREST AND FOREST-STEPPE ZONES
OF THE IVANOVO AND TULA REGIONS WHEN CHANGING BACKGROUND CLIMATE
AND WATER CONTENT OF RIVERS IN CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC IMPACT**

© 2022. I.B. Shapovalova

*Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences
3, Gubkina Str., Moscow, 119333, Russia. E-mail: ibshapovalova@yandex.ru*

Received November 01, 2022. Revised November 15, 2022. Accepted December 01, 2022.

In this article we present the results of monitoring of ornithocomplexes of floodplain ecosystems of the basins of small rivers of Tula and Ivanovo regions on the example of the rivers Ptan and Vyazma for the period 2019-2022. There is given a characteristic of the composition and structure of the floodplain ornithocomplexes of small rivers of the zone of mixed forests and forest-steppe zone. The analysis of seasonal and multi-annual dynamics of the floodplain ornithocomplex is according to the main transformation indicators (species diversity and abundance). The previously developed methodology for assessing the transformation of coastal ornithocomplexes of regulated sections of small rivers located in intrazonal conditions has been tested. The relationship between the species composition and abundance of coastal ornithocomplexes has been established.

Keywords: Russia, Ivanovo Region, Tula region, monitoring, dynamics, assessment, impact factor, zone of mixed and broad-leaved forests, forest-steppe zone, floodplain ecosystems, river floodplain, intrazonal landscape, aridization, hydrological regime, climate, precipitation, humidity, species composition, number, population density, abundance, ornithocomplexes, population, rare species, Red Book, swamp-near-water complex.

Acknowledgements. The author would like to thank the chief editor and reviewers of the “Ecosystems: Ecology and Dynamics” for their assistance with this publication. The author also expresses a special gratitude to Zh.V. Kuzmina and E.I. Tobolova.

Funding. The work was carried out for the Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences as part of the research work for 2022-2024 “Study of Geoeological Processes in Hydrological Systems of Land, Formation of the Quality of Surface and Ground Waters, Problems of Water Resources Management and Water Use under Conditions of Climate Change and Anthropogenic Impact”, No. FMWZ-2022-0002, State Registration No. AAAA-A18-118022090104-8.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-4-50-70

EDN: JWYDZG

===== ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ =====

УДК 551.34 + 551.24

**ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПОСЛЕДНЮЮ ХОЛОДНУЮ
ЭПОХУ ПЛЕЙСТОЦЕНА: НОВЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА И СЦЕНАРИИ**

© 2022 г. В.С. Шейнкман *, **, ***, С.Н. Седов *, **, ****, Е.В. Безрукова ****

*Институт криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН
Россия, 625026, г. Тюмень, ул. Малыгина, д. 86. E-mail: vlad.sheinkman@mail.ru

**Тюменский государственный университет
Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6. E-mail: serg_sedov@yahoo.com

***Тюменский индустриальный университет
Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 36.

****Институт геологии Национального автономного университета Мексики
Мексика, C.P.04510, г. Мехико, Университетский городок, Дель. Коюакан

*****Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения РАН
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, д. 1а. E-mail: bezrukova@igc.irk.ru

Поступила в редакцию 01.12.2022. После доработки 10.12.2022. Принята к публикации 15.12.2022.

Представлены материалы о палеокриологических, палеопочвенных и палеоботанических индикаторах развития экосистем на территории севера Западносибирской низменности в квартере. Приведены данные о широком распространении в данном регионе полигонально-жильных структур, представленных псевдоморфозами по полигонально-жильному льду и изначально-грунтовыми жилами. Первые образовались в терминальную фазу плейстоцена в конце морской изотопной стадии 2 (МИС), будучи наследниками эпигенетических полигонально-жильных льдов, которые в сартанско время (МИС-2) рассекли толщу каргинского (МИС-3), аллювия, тогда как вторые формировались на протяжении времени МИС-3 в синклиогенных отложениях аллювия. В заполнениях псевдоморфоз обнаружен переотложенный материал криогидроморфных палеопочв, включая фрагменты гумусовых горизонтов, использованных для радиоуглеродного (^{14}C) датирования. Спорово-пыльцевые спектры из этих заполнений указывают на преобладание растительности заболоченных тундр и тундростепей. Совокупность полученных данных ставит под сомнение гипотезу о преобладании на исследованной территории холодных пустынь и ледниковых щитов и указывает на существование развитого растительного покрова при достаточном и местами избыточном увлажнении почв из-за близкого залегания кровли многолетней мерзлоты. Также обосновывается вывод о внеледниковом развитии региона в более древние криохроны, подобные тому, что имел место во время МИС-2.

Ключевые слова: криолитозона, палеокриогенез, полигонально-жильные структуры, палеоэкология севера Западной Сибири, спорово-пыльцевые спектры, плейстоценовые палеопочвы, псевдоморфозы по полигонально-жильному льду.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-4-71-88

EDN: HRMOLP

Разновидности холодной среды с развитием мерзлотных и связанных с ними явлений становятся на севере Западной Сибири основными палеоэкологическими маркёрами квартера¹, что определяется спецификой формирования её природной среды (Шейнкман и др., 2020). Именно следы этих явлений могут служить надёжными индикаторами

¹ Квартер – последний геологический период, начался ~2600000 лет назад и продолжается по настоящее время; синонимы – четвертичный период, плейстоцен (прим. ред.).

экосистем, формировавшихся в данном регионе в различные эпохи квартера. Особенно важен анализ палеокриогенных индикаторов для реконструкции природной среды последней холодной эпохи плейстоцена. Она соответствует морской изотопной стадии 2 (МИС)². В последние десятилетия произошел пересмотр границ покровных оледенений, формировавшихся в эту эпоху, и возобладало мнение, что север Западносибирской низменности был свободен от ледниковых щитов, что нашло своё отражение в обобщающих палеогеографических картах (Velichko et al., 2011; Svendsen et al., 2014). Авторами отсутствие ледниковых покровов и господства процессов глубокого промерзания горных пород в регионе обосновывается и для всего протяжения квартера (Шейнкман и др., 2017, 2020). Встал вопрос о том, каковы были в прошлом экосистемы этого холодного, континентального, но свободного ото льда региона, поскольку разброс мнений о его прошлом весьма широкий. Некоторые авторы (Velichko et al., 2011; Зыкина и др., 2017) даже предлагали для холодных эпох прошлого в регионе сценарий с близкими к антарктическим пустыням, с крайне криоаридными условиями. Поэтому встал вопрос и о том, криогенез какого типа здесь протекал. Наш анализ вскрыл неправомерность помещения в данное пространство экстремальных явлений, относимых к холодным пустыням или к ледниковым щитам, поскольку эти выводы сделаны за счёт наделения домinantными свойствами элементов криогенных систем подчинённого, а не главного ранга. Суть этих выводов освещается ниже.

Материалы и методы

Под севером Сибири авторы подразумевают ту её часть, которая расположена севернее среднего, ориентированного в широтном направлении, течения Оби (рис. 1). Результаты исследований авторов, освещаемых в данной статье, затрагивают события во время МИС-3 – МИС-1 (рис. 2). Но поскольку в квартере глубина и объем основных криохронов и термохронов³ на шкалах палеоклиматических летописей однотипны (рис. 2), а в конце этого геологического периода, во время МИС-1 – МИС-6, они вообще становились примерно одинаковыми (Lisiecki, Raymo, 2005), то полученные результаты могут служить реперной основой при оценке событий всего данного периода.

Объектами исследования служили палеокриогенные структуры и педосedименты. Исследования авторов выявили на рассматриваемой территории широкое развитие полигонально-жильных структур – информативного индикатора былой криолитозоны, – и их связи с криогидроморфными палеопочвами, закономерно присутствующими на данном пространстве. Эти почвы, впервые обнаруженные в регионе авторами, имели в криохроне площадное распространение и зональный характер (Sheinkman et al., 2016, 2021; Sedov et al., 2022), что в условиях холодной пустыни было бы невозможно. Тем более что авторами выявлено здесь и широкое развитие псевдоморфоз по полигонально-жильным льдам (ПЖЛ), питание которых осуществляется талыми водами, отсутствующими в гипераридных

² Морские изотопные стадии, или кислородно-изотопные стадии, представляют собой чередующиеся теплые и холодные этапы в истории климата Земли, выделенные по данным содержания изотопов кислорода, отражающих изменения температуры и полученных по глубоководным кернам. МИС-2 (рис. 2) соответствует холодному этапу во временном промежутке ~27-12 тыс. лет назад, МИС-3 – тёплому этапу во временном промежутке ~60-27 тыс. лет назад, МИС-1 – тёплому этапу во временном промежутке от 12 тыс. лет назад до современности. МИС-1-МИС-5 входят в последний ~100-тысячелетний климатический цикл, МИС-6 соответствует временному промежутку ~185-125 тыс. лет назад (рис. 2) и отражает события предыдущего ~100-тысячелетнего климатического цикла (прим. ред.).

³ Криохрон и термохрон – временные промежутки, в истории развития климата Земли соответствующие крупным холодным и тёплым этапам, соответствующим оледенениям и межледниковым. Обычно выделяются при интерпретации событий квартера (прим. ред.).

условиях холодных пустынь. Палеопочвы и псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам ясно демонстрировали своими индикационными свойствами, что в нашем случае в криохроне действительно имели место криоаридные условия с низкотемпературной криолитозоной. Но их главными признаками были не только долгая холодная малоснежная зима, но и тёплое, пусть и непродолжительное, лето, определяющее хорошую выраженность сезонно-талого слоя и питание полигонально-жильных льдов талыми и дождовыми водами, даже если количество было ограниченным.



Рис. 1. Картосхема севера Западной Сибири. **Fig. 1.** Schematic map of the north of West Siberia.

Ранее на плейстоценовые палеопочвы в регионе или не обращалось должного внимания, или, если в основу развития природы в прошлом бралось формирование ледниковых щитов, сохранение палеопочв под которыми отрицалось, а поиск реликтов палеопочв просто не проводился. Нужно также учесть, что, криогидроморфные палеопочвы, которые должны закономерно образовываться в регионе в условиях криохронов (Горячkin и др., 2019), в первозданном виде встречаются здесь редко. Чаще они проявляют себя в виде редуцированных реликтов, и в представительной форме сохраняются как переотложенные педосedименты в заполнении псевдоморфоз по полигонально-жильным льдам. Однако во многих случаях переотложенный материал палеопочв содержал фрагменты гумусовых горизонтов с содержанием органического вещества, достаточным для радиоуглеродного датирования (^{14}C), а в ряде случаев из образцов заполнений псевдоморфоз удалось получить представительные спорово-пыльцевые спектры.

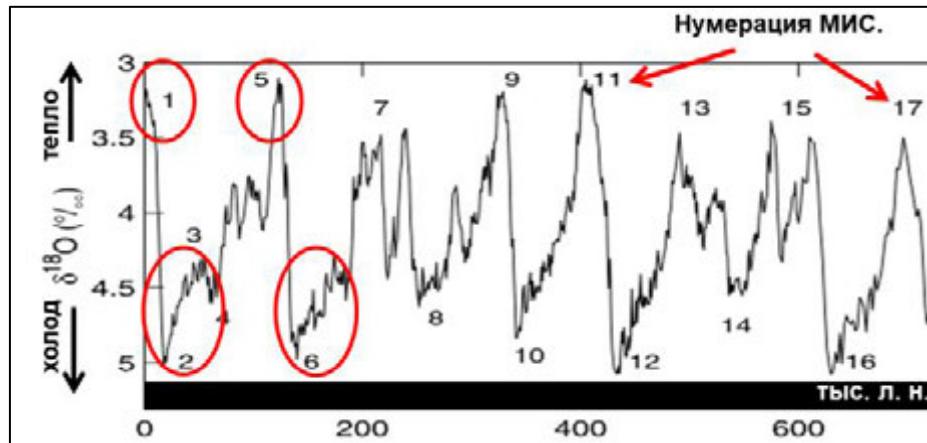


Рис. 2. Палеогеографическая летопись для второй половины квартера по данным L.E. Lisiecki и M.E. Raymo (2005). Красным овалом выделен ход криохронов и термохронов в конце квартера. **Fig. 2.** Paleogeographical records for the second half of the Pleistocene by L.E. Lisiecki and M.E. Raymo (2005). The course of cryochrones and thermochrons in the end of the Pleistocene is selected by the red ovals.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим отмеченные явления на репрезентативных примерах, сначала в низовьях р. Надым. На её левобережье у впадения р. Хейгияха, есть карьер, вскрывающий широкий набор палеокриогенных, педогенных и посткриогенных образований (рис. 3). Река врезается здесь в прилегающую к Обской губе равнину, и, при уровне воды на отметках около 10 м, образует 15-20-м террасы, относящиеся к категории второй надпойменной террасы. Карьер вскрыл песчаное тело одной из них, сформированное (Sheinkman et al., 2022; Sedov et al., 2022) во второй половине МИС-3 и рассечённое полигонально-жильными льдами во время МИС-2. Коллизия в том, что различные авторы интерпретируют строение осадков в стенке карьера по-разному (Зыкина и др., 2017; Шейнкман, Мельников, 2019), и суть её отражает факт того, что на входе строящихся моделей в качестве доминант могут ставиться те их элементы, что доминантами не являются. А это с позиций их взаимодействия недопустимо.

На террасу здесь налегает активная дюна (рис. 3). А ранее в работе А.А. Величко с соавторами (Velichko et al., 2011), было выдвинуто предположение, что в криохроне МИС-2 на севере Западной Сибири формировалась именно холодная пустыня с активными эоловыми процессами. Обосновано это было тем, что в песках под голоценовыми торфяниками авторами работы (Velichko et al., 2011) отмечены следы эоловой обработки. Однако во многих районах с низкотемпературной криолитозоной это характерно для аллювия в качестве локального явления, без доминирования пустынных экосистем (Галанин, 2021).

Проведя морфоскопический анализ кварцевых зёрен в осадках МИС-2 (Sheinkman et al., 2022), авторы тоже отметили эоловое участие, но выявили: оно не превалирует. В осадках сочеталось криогенное, ветровое и флювиальное воздействие, фиксируя, что летом и в условиях МИС-2, холодного и сухого криохрона, водотоки здесь были свободны ото льда, питаясь талыми снеговыми и дождовыми водами, а вверху мерзлой толщи был развит сезонно-талый слой. Но в работе В.С. Зыкиной с соавторами (2017) акцент был усилен на развитии в регионе во время МИС-2 холодной пустыни, и сделано это за счёт неправомерного, с позиций палеокриологического развития региона, наделения доминантными свойствами элементов модели подчинённого значения.



Рис. 3. Расчистка стенки карьера на левом берегу р. Надым вблизи устья р. Хейгияха (фото из архива В.С. Шейнкмана). Условные обозначения: ПЖЛ – полигонально-жильные льды, ИГЖ – изначально-грунтовые жилы. **Fig. 3.** Stripping quarry wall at the left-hand bank of the Nadym River near the Kheigiyakha River Mouth (Photo from V.S. Sheinkman' archive). Legend: ПЖЛ (PIW) – polygonal ice wedges, ИГЖ (IGW) – initially ground wedges.

Отмеченная дюна (рис. 3) в этой работе (Зыкина и др., 2017) признана фактором активного перемещения материала именно в условиях холодной пустыни – хотя это молодая форма, возникшая на месте сгоревшего леса и налегающая на хорошо развитый подзол, индикатор таёжных экосистем (Шейнкман, Мельников, 2019). А полигонально-жильные структуры в той же работе (Зыкина и др., 2017) отнесены к первично песчаным жилам – индикатору крайне холодных и сухих условий. Причем такое отнесение было сделано лишь на основе отдельных внешних черт полигонально-жильных структур: того, что они небольшой высоты, узкие, с песчаным, порой, полосчатым заполнением. Тогда как главным их признаком – говорящим о развитии полигонально-жильных структур в условиях низкотемпературной криолитозоны, но в обстановке с активной деятельностью талых вод, не уделялось внимание.

Прежде всего, к таким признакам относится формирование на основании былого сезонно-талого слоя на пространстве между полигонально-жильными структурами криогидроморфных, с характерной каймой оглеения, палеопочв, сопряжённых с обрамлением жил (Sheinkman et al., 2022; Sedov et al., 2022). Вместе с тем, аналогом модели развития региона в работе В.С. Зыкиной с соавторами (2017) предлагалась гипераридная и суперхолодная область Сухих Долин Антарктиды. Это уникальное место на Земле на юге Антарктического материка – с весьма низкими температурами воздуха круглый год и многолетним отсутствием атмосферных осадков. В таких условиях оттаивание многолетнемерзлых пород не происходит, и их кровля совпадает здесь с дневной поверхностью (Абрамов и др., 2011). Подобные обстановки в прошлом рассматриваемой территории нереальны – поясним это.

Действительно, выявленные расчисткой карьера полигонально-жильные структуры (рис. 3) были порой узкими, но всегда кардинально отличными от первично песчаных жил, которые впервые описаны в Антарктиде (Pewe, 1953) как песчаные жилы, вложенные в грубозернистые отложения. Высота крупных полигонально-жильных структур в карьере составляла 2-2.5 м, ширина по верху – до 1.5 м; их контуры были сопряжены с основанием криогидроморфной палеопочвы, фиксируя былое положение сезонно-талого слоя. Реликты этой палеопочвы ясно отслеживались на глубине около 1 м от поверхности в виде сизого, мощностью в несколько сантиметров, горизонта, обогащённого гумусом и обрамлённого снизу бурой каймой. Данные почвы отражают ход своего развития на матрице многолетнемерзлых пород, когда промерзшие осадки, стабилизируясь, переходили из режима пойменного накопления в режим устойчивой террасы (Sedov et al., 2022). А подчёркиваемые криогидроморфной почвой признаки ясно выраженного былого сезонно-талого слоя говорят о воздействии талых вод, способных пропитывать верхние слои аллювия и затекать в морозобойные трещины, подтверждая тем самым, что отмеченные полигонально-жильные структуры – псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам. Они, по мнению Н.Н. Романовского (1977), в малольдистых отложениях сохраняют очертания былых полигонально-жильных льдов – что наблюдается и в нашем случае.

На рисунке 3 видно, что у отмеченных псевдоморфоз наблюдается ясно выраженная форма треугольника, они узкие в средней и нижней части, вверху расширяются, и здесь вдоль контакта с вмещающей породой слои последней отжаты вверх и в стороны, а над головками жил фиксируются уже несколько сглаженные валики выжимания. Это типично при развитии полигонально-жильных льдов в условиях стабилизации поверхности, которую они рассекают (Попов и др., 1985), и говорит об их эпигенетическом характере, а полосчатое строение псевдоморфоз объяснимо их специфическим развитием.

Криогидроморфные почвы, частично редуцированные воздействием иллювиального горизонта поверхностного подзола, лежащего выше (рис. 3), ясно представлены в заполнении псевдоморфоз в виде педоседиментов, оползавших, вместе с породами между ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2022, том 6, № 4

жил, по стенкам тающих, но все еще достаточно охлажденных, полигонально-жильных льдов: педоседименты примерзали к стенкам и становились захороненными. Этим объясняется субвертикальная полосчатость в строении псевдоморфоз, хорошей выраженности которой способствовало, на наш взгляд, и существование в прошлом данного региона не просто полигонально-жильных льдов, а подобных им структур, близких к песчано-ледяным жилам, распространенным сегодня на севере Якутии и описанным в работе (Деревягин и др., 2010). Псевдоморфозы по ним еще лучше сохраняют очертания своих предшественников и имеют более выраженное полосчатое строение.

По гумусовому веществу псевдоморфоз сделаны радиоуглеродные (^{14}C) датировки и проведен анализ биоматериала. Полученные таким образом данные показали, что заполнение псевдоморфоз началось в терминальную фазу плейстоцена 15–16 тыс. лет назад при раннем проявлении потепления климата в конце криохрона МИС-2, но при сохранении мерзлоты (Sedov et al., 2022). Для развития полигонально-жильных льдов в песках нужны (Романовский, 1977) температуры многолетнемерзлых пород от -5°C до -6°C ; при их повышении, но при сохранении у мерзлоты отрицательной температуры ледовое вещество полигонально-жильных льдов и песчано-ледяных жил стало вытаивать, а фрагменты криогидроморфной почвы и породы – оползать по стенкам жил и послойно примерзать к ним и друг к другу.

На рисунке 3 на разной глубине видны иные жильные структуры, расположенные друг к другу ближе и имеющие высоту до 1 м. Слои вмещающей породы на контакте с ними в нижней их части загнуты вниз, но вверху становятся пологими и затем плавно смыкаются с лежащими выше горизонтально осадками. Это признаки формируемых в деятельном слое изначально грунтовых жил (Романовский, 1977). Их наличие свидетельствует о том, что вмещавшие жилы осадки, формировавшиеся в МИС-3, были мёрзлыми, но с температурой, выше необходимых значений для развития полигонально-жильных льдов, и накапливались в условиях нестабилизированной поверхности террасы как синкриогенные образования. Ко времени начала формирования криогидроморфной почвы (оно падает на время МИС-2) поверхность этой толщи стабилизировалась (иначе почва не образовалась бы), и она стала осваиваться уже эпигенетическими образованиями, рассекающими ее полигонально-жильными льдами, которые в конце МИС-2 стали вытаивать, замещаясь педоседиментами – дериватами криогидроморфной почвы. А к середине голоцене значительная часть данной толщи оттаяла, о чем говорит наличие ясно выраженных подзолов вверху. Их специфика (Таргульян, 1971) – развитие в условиях развитой аэрации и свободного дренажа, так как сформированы они после если неполного, то значительного оттаивания горных пород и исчезновения мерзлотного водоупора, фиксированного ранее основанием криогидроморфных палеопочв. Серий радиоуглеродных (^{14}C) датировок по веществу подзолов это время как раз определяется (Sedov et al., 2022; Sheinkman et al., 2022) как середина голоцена; некоторые из этих возрастных определений показаны ниже на рисунках 4 и 5.

Более четко описанная ситуация отражена в низовьях р. Надым в 5 км к северу от пос. Пангуды, где в р. Правая Хетта (правый приток р. Надым) впадает р. Тыяха, подрезая 10-м террасу (рис. 4). Она сложена аллювием каргинского возраста (МИС-3) – он подтвержден серией радиоуглеродных (^{14}C) датировок, одна из которых показана на рисунке 4-2. Тело террасы рассечено сетью МИС-2 псевдоморфоз по полигонально-жильным льдам (рис. 4-1), которые лучше просматриваются в расчистке стенки карьера в нескольких ста метров от бровки террасы (рис. 5). Псевдоморфозы здесь были довольно крупными, имели разные очертания и достигали 4 м в высоту и 3 м в ширину. Для них также было характерно заполнение сизого цвета с бурым окаймлением, сопряженным с лежащей вверху криогидроморфной почвой.



Рис. 4. Расчистка стенки террасы р. Тыяха вблизи пос. Пангоды (фото из архива В.С. Шейнкмана). Условные обозначения: ПЖЛ – полигонально-жильные льды, ИГЖ – изначально-грунтовые жилы. **Fig. 4.** Stripping terrace wall of the Tyiakha River near the Pangodi settlement (Photo from V.S. Sheinkman's archive). Legend: ПЖЛ (PIW) – polygonal ice wedges; ИГЖ (IGW) – initially ground wedges.

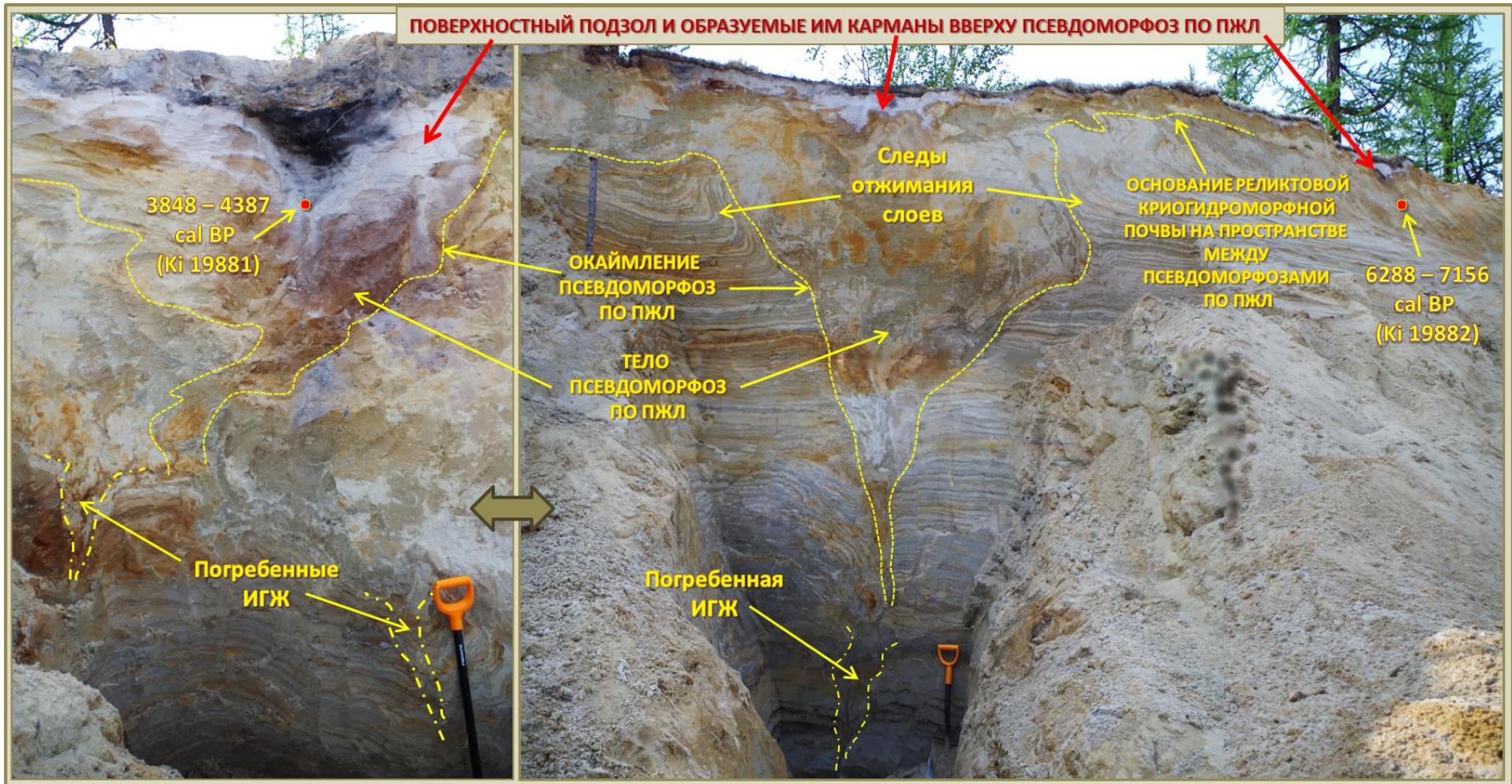


Рис. 5. Расчистка стенки карьера вблизи р. Тыяха (фото из архива В.С. Шейнкмана). Условные обозначения: ПЖЛ – полигонально-жильные льды, ИГЖ – изначально-грунтовые жилы. **Fig. 5.** Stripping quarry wall near the Tyiakha River (Photo from V.S. Sheinkman's archive). Legend: ПЖЛ – polygonal ice wedges; ИГЖ – initially ground wedges.

Наряду с псевдоморфозами по полигонально-жильным льдам расчистка и здесь зафиксировала погребенные изначально грунтовые жилы на разных уровнях. Это фиксирует, что в течение времени МИС-3 отложения промерзали, но в условиях высокотемпературной криолитозоны – по крайней мере – с температурой выше порога, необходимого для начала формирования полигонально-жильных льдов.

Аналогичные наблюдения были сделаны авторами на противоположном, восточном фланге равнины, примыкающей с севера к Сибирским увалам: в бассейне верхнего Таза, в береговом обрыве р. Пюльки. Здесь (рис. 6) крупные псевдоморфозы по сартанским (МИС-2) эпигенетическим полигонально-жильным льдам сформированы в верхней части толщи аллювиальных осадков, по которым были получены радиоуглеродные (^{14}C) датировки в интервале 30-45 тыс. лет назад, т.е. они фиксировали, как и в предыдущих случаях, каргинский возраст (МИС-3) данной толщи. О сартанском возрасте (МИС-2) рассекавших их полигонально-жильных льдов можно судить, исходя из того, что датирование по материалу заполнения наследующих эти льды псевдоморфоз показало радиоуглеродный (^{14}C) возраст в интервале 10-13 тыс. лет назад (рис. 6).

По данному разрезу удалось получить уникальные палеоботанические материалы (Sedov et al., 2022). Хотя из набора отобранных образцов только четыре содержали спорово-пыльцевые спектры, в которых подсчитанное количество пыльцевых зерен и спор превышало 100 штук (от 106 до 502) – необходимое для представительной статистической обработки, тем не менее, это позволяло провести их обоснованную интерпретацию.

Первая проба (проба 1, рис. 6) была взята из поверхностных, недавно сформированных позднеголоценовых отложений. Состав спорово-пыльцевого спектра в ней отражает преобладание лесной растительности, которую формировали елово-кедровые леса с преобладанием ели сибирской (*Picea obovata*⁴), кедра сибирского (*Pinus sibirica*) и с участием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), березы пушистой (*Betula alba*), изредка пихты (*Abies sibirica*). Кустарниковые группировки состояли из ерников (*Betula nana*), душекии (*Alnus alnobetula*). Травяно-кустарничковый ярус отражен в спорово-пыльцевом спектре лишь редкой пыльцой вересковых (*Ericaceae*), немногочисленной пыльцой ветроопыляемых трав – полыней (*Artemisia* spp.), а также маревых – *Chenopodiaceae*. Эти данные вполне соответствуют структуре растительности современной среднетаёжной экосистемы данной территории.

Вторая проба была взята из заполнения наиболее крупной псевдоморфозы по полигонально-жильному льду (проба 2, рис. 6). Она характеризует редколесный, вероятно, лесотундровый ландшафт с участками ели и березы, ольховника и ивы. Доминировали в этом случае представители переувлажненных заболоченных ландшафтов – хвощево-сфагново-осоковые травяно-кустарниковые тундровые: в спорово-пыльцевых спектрах данной пробы есть пыльца *Alnus alnobetula*, *Salix* spp., *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Polemonium* sp., *Polygonaceae* ind. и *Polygonum bistorta*. Кроме того, фиксировалось высокое обилие спор плауна арктического (*Huperzia arctica* (Tolm.) Sipl. (=*H. petrovii* Sipl.)) и мхов рода *Meesia*, характеризуя развитие тундровой растительности и низинных осоковых болот. Вероятно, могли входить в состав растительности травянистых тундр и оstepненных участков также и злаковые – *Poaceae*. О значительном развитии степных ассоциаций свидетельствует разнообразие в содержании спорово-пыльцевых спектрах пыльцы трав, формирующих в настоящее время степную растительность: *Artemisia* spp., *Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Onagraceae*, *Fabaceae*, *Polygonum bistorta*. Таким образом, растительность во время формирования материала данной пробы имела мозаичный облик,

⁴ Латинские названия видов, родов и семейств растений приводятся в соответствии с сайтом The World Flora Online (WFO, 2022).

характеризующийся сочетанием лесотундрового, тундрового, степного (возможно, склонового) типов растительности.

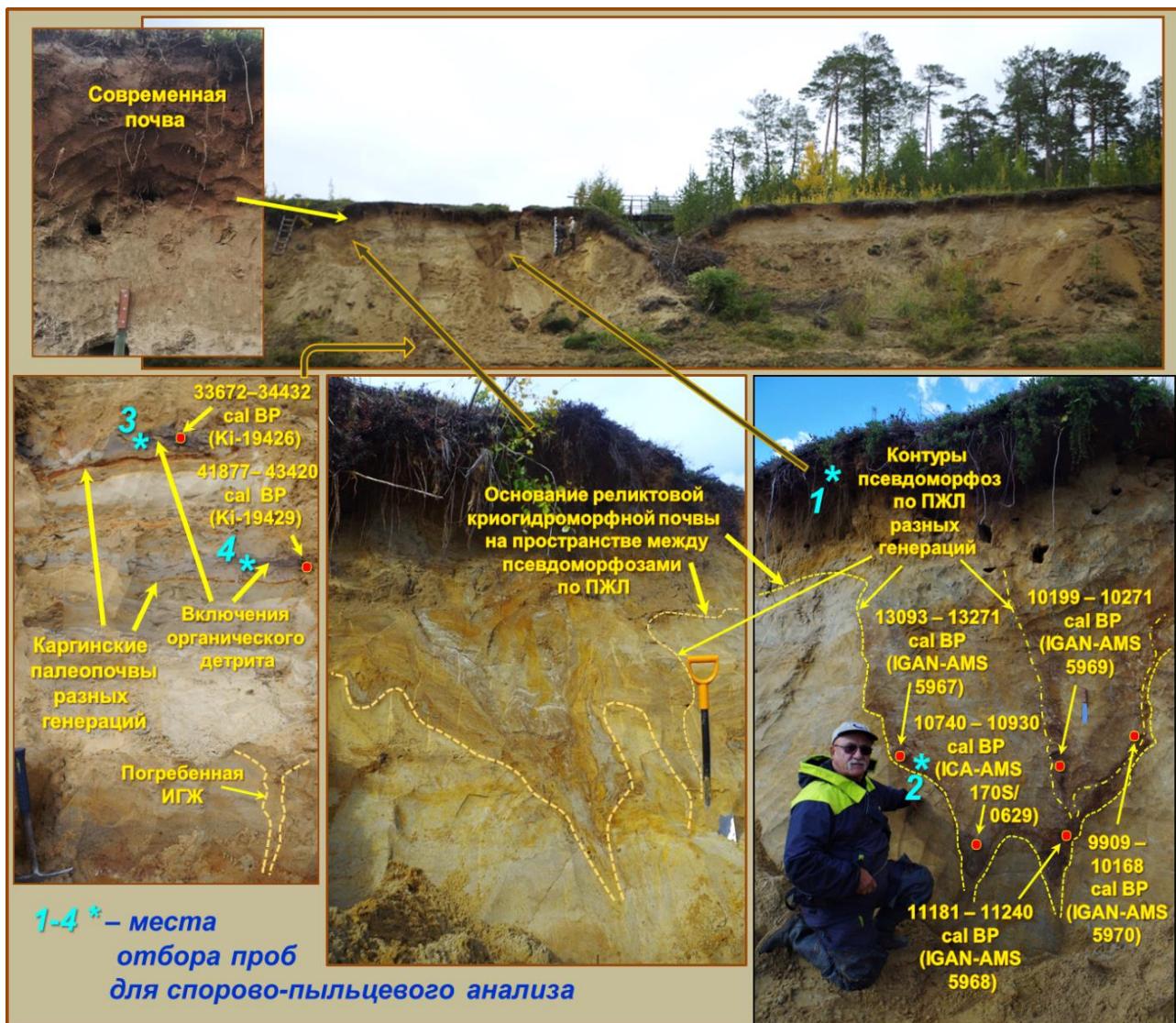


Рис. 6. Объект Пюльки (фото из архива В.С. Шейнкмана). Условные обозначения: ПЖЛ – полигонально-жильные льды, ИГЖ – изначально-грунтовые жилы. **Fig. 6.** Pyulki object (Photo from V.S. Sheinkman's archive). Legend: ПЖЛ – polygonal ice wedges, ИГЖ – initially ground wedges.

В 60 см и в 150 см выше уреза реки на участке данного обнажения в отложениях нижней части аллювиальной толщи террасы по правому берегу р. Пюльки были обнаружены два прослоя, обогащенные органическим детритом, которые могут быть отнесены к слаборазвитым синседиментационным аллювиальным палеопочвам (рис. 6). Радиоуглеродные (^{14}C) датировки каргинского (МИС-3) возраста были получены именно по гумусовому веществу этих палеопочв. Отмеченные палеопочвы фиксируют, на фоне синкриогенного накопления аллювия, задержки этого процесса со стабилизацией, на некоторое время, поверхности поймы и постепенного накопления аллювия от одного паводка/половодья к другому. Это обеспечивало накопление в составе палеопочв спор и

пыльцы, отражающих характер формирующихся в данной обстановке ландшафтов, и из палеопочв также были взяты пробы на спорово-пыльцевой анализ.

В общем составе спорово-пыльцевого спектра в пробе, взятой внизу разреза, т.е. в 60 см выше уреза реки (проба 4, рис. 6), пыльца наземных трав немного преобладает над обилием пыльцы древесных видов. Состав пыльцы древесных подразумевает, что участки с локальной лесной растительностью формировали в основном ель и береза. Заметное содержание пыльцы *Pinus sylvestris* указывает на ее участие в региональной растительности на прогреваемых, относительно сухих участках, в травяном покрове которых существовали растения современных степей – *Artemisia* spp., *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*. Влажные сфагново-осоковые группировки имели очень ограниченное развитие.

Проба, взятая выше по разрезу, из другой палеопочвы, в 150 см над урезом реки (проба 3, рис. 6), показала, что в общем составе ее спорово-пыльцевого спектра преобладает пыльца наземных трав, менее значимо участие пыльцы древесных растений. Как и в предыдущей пробе, взятой по разрезу метром ниже, состав пыльцы древесных подразумевает, что участки локальной лесной растительности формировали ель (*Picea obovata*) и береза (*Betula alba*). В два раза снизившееся в данном случае обилие пыльцы *Pinus sylvestris* указывает на сокращение ее участия в региональной растительности или отступление ее границы к югу, индицируя активизацию многолетней мерзлоты. Повышение обилия пыльцы кустарников современных тундр (*Betula nana*, *Alnus alnobetula*, *Salix* spp.) означает расширение их ареала вблизи разреза. Также на территории вокруг разреза возросла роль влажных, заболоченных сфагново-осоковые группировок. Высокое обилие пыльцы растений степных и/или нарушенных обитаний предполагает наличие прогреваемых летом, относительно сухих участков, в травяном покрове которых существовали растения современных степей – *Artemisia* spp., *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Onagraceae*.

В целом, спорово-пыльцевые спектры в отложениях МИС-3 и конца МИС-2 показывают определенную их близость, отражая характер ландшафтов с наличием многолетнемерзлых пород, существовавших при температуре выше температурных, благоприятных для полигонально-жильного льдообразования значений. Характерно несколько большее охлаждение территории в первой половине МИС-3, фиксируемое спорово-пыльцевым спектром по пробе 4. Оно косвенно свидетельствует о периоде постепенного перехода от предыдущей холодной МИС-4 к тёплой МИС-3 (рис. 2).

Так или иначе, спорово-пыльцевые спектры и характер полигонально-жильных структур показывают, что в каргинское время (МИС-3) ландшафты еще не приобретали черты, благоприятные для развития полигонально-жильных льдов, и температурные показатели тогда еще не достигли значений, чтобы перейти через порог полигонально-жильного льдообразования. В толще аллювия в то время формировались только ясно отслеживаемые (рис. 3-6) яруса изначально-грунтовых жил, предшественников полигонально-жильных льдов в ходе прогрессирующего в конце похолодания климата. Повысилась и превысила порог полигонально-жильного льдообразования температура горных пород и в терминальную fazu плейстоцена, в конце МИС-2, когда полигонально-жильные льды, характерные для холодного сартанского времени (МИС-2), стали вытаивать, замещаясь псевдоморфозами по ним.

В этом плане интересны данные из недавно опубликованной работы Е.А. Слагоды с соавторами (2022), в которой представлено описание керна малого диаметра (5 см) из 9-метровой скважины, пройденной по аллювиальным отложениям на междуречье рек Пур и Таз в их низовьях, вблизи побережья Тазовской губы. В этой толще на глубине 5.2 м и 7.7 м, судя по данным этой работы (Слагода и др., 2022), были отобраны образцы растительного детрита, по которому получены две радиоуглеродные (^{14}C) датировки, показавшие, как и в нашем случае, каргинский возраст (МИС-3) изучаемых отложений, а ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2022, том 6, № 4

точнее, первой половины каргинского времени (рис. 7). Причем данные возрастные определения оказались близки по величине к возрасту, полученному по пробе 4 на рисунке 6, и по ряду других возрастных определений, выполненных авторами настоящей статьи по соседним разрезам.

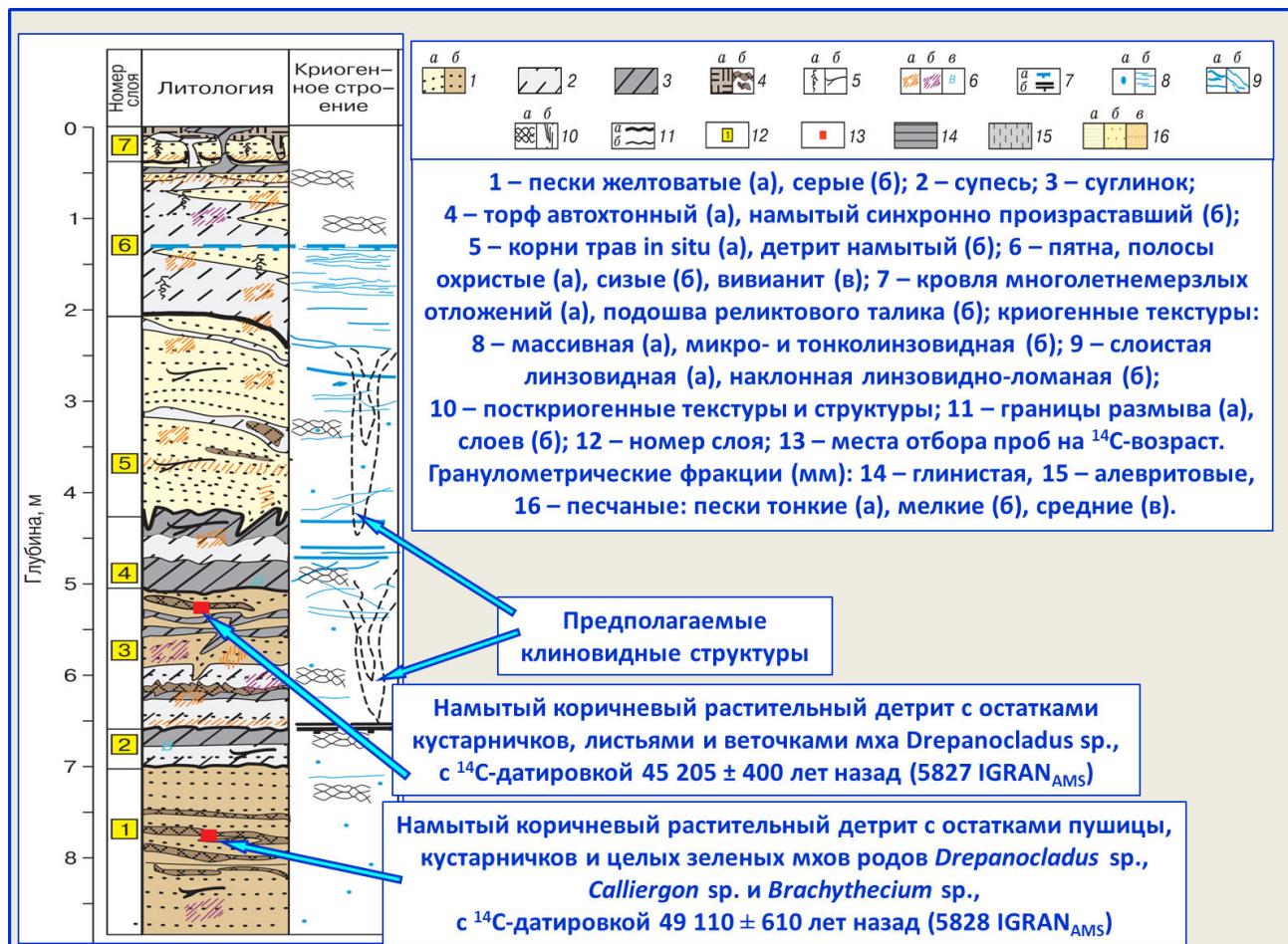


Рис. 7. Данные по керну 9-метровой скважины, пробуренной на междуречье рек Пур и Таз в их низовьях (Слагода и др., 2022, с пояснениями авторов данной статьи). **Fig. 7.** Data on the core of 9-m borehole drilled at the interfluve of the Pur River and Taz River in their lower reaches (Slagoda et al., 2022, with additions made by the authors of this paper).

В обоих образцах растительного детрита (рис. 7) представлены мхи рода *Drepanocladus* spp., которые распространены в хвойных и смешанных лесах, кустарниковых зарослях, на покрытых гумусно-мелкоземным слоем скалах и валунах, на гнилой древесине, пнях, валежнике, на выступающих корнях и стволах деревьев, реже – на увлажненной гумусной почве. В арктических пустынях, тундрах и лесах это широко распространенные виды, для которых главное, чтобы местные условия были влажными. Представленные в пробе на глубине 7.7 м мхи рода *Calliergon* spp. растут на сфагновых болотах или самостоятельно, но также и в переувлажненных обитаниях. А мхи рода *Brachythecium* spp., представленные там же, обычны в Арктике, наиболее часто встречаясь в ивняках, и сегодня широко распространены, например, в Якутии, где растут на почве и скальных выходах в зарослях ольховника и лиственничных редколесьях, т.е., опять же, предпочитая влажные обитания. Иными словами, эти мхи выбирают холодные и влажные обитания болот,

пойм рек, просто влажных почв, характеризуя прохладные и влажные климатические условия, что согласуется с приведенными выше характеристиками спорово-пыльцевых спектров из каргинских (МИС-3) отложений.

С другой стороны, в работе Е.А. Слагоды с соавторами (2022) на основании отдельных косвенных данных, полученных по керну малого диаметра (5 см), сделано предположение о возможной фиксации двух ярусов клиновидных структур (рис. 7), которые авторы работы обозначили как псевдоморфозы по полигонально-жильным льдам. Однако полигонально-жильные льды – представители низкотемпературной криолитозоны. Согласно Н.Н. Романовскому (1977), в песках они образуются, как отмечено выше, при температуре многолетнемерзлых пород от -5°C до -6°C и характерны в рассматриваемом регионе для сартанского (МИС-2) криохрона, а не для каргинского (МИС-3) термохрона. Хотя время последнего и было, как свидетельствуют палеоботанические данные и палеоклиматические летописи, довольно прохладным, но, тем не менее, не настолько холодным, чтобы могла формироваться низкотемпературная криолитозона, обеспечивающая формирование в песках образование полигонально-жильных льдов. Развитие криолитозоны с такими показателями не согласуется с условиями криолитогенеза каргинского времени (МИС-3). Кроме того, только отдельных косвенных данных, полученных по керну малого диаметра, для реконструкции полигонально-жильных льдов недостаточно. На наш взгляд, для этого нужны репрезентативные, полноценно представленные структуры, отраженные в строении осадков, вскрытых соответствующими разрезами – подобно описанным выше.

Что касается реконструкции клиновидных структур, предполагаемых в работе Е.А. Слагоды с соавторами (2022), более правдоподобно предполагать их формирование как изначально-грунтовых жил. Это тоже клиновидные структуры, того же генезиса, что и полигонально-жильные льды, поскольку их суть – образование по полигонам морозобойных трещин. Оно также сопровождается развитием ледяных жил, которые, однако, имеют небольшие размеры и являются сезонными формами, порой – перелетками. Такие формы в ходе прогрессирующего похолодания климата фактически являются предшественниками полигонально-жильных льдов, отражая ситуации с менее холодными условиями. Они, как было показано выше, широко представлены на рассматриваемой территории в каргинских (МИС-3) отложениях по всей их толще, располагаясь при этом на разной глубине и нередко образуя в этой толще многоярусные системы. Размеры и положение изначально-грунтовых жил, изученных авторами настоящей статьи, вполне соответствуют предполагаемым клиновидным структурам, отображенными на рисунке 7.

Заключение

В целом с позиций палеоэкологии очевидно, что на пространстве севера Западной Сибири полигонально-жильные льды и криогидроморфные почвы в криохронах были типичными явлениями, подтверждающими внеледниковое развитие региона в условиях, близких к тем, что имели место во время МИС-3 и МИС-2. Они индицируют экосистемы тундрового или тундрово-степного облика, что подкрепляется данными спорово-пыльцевого анализа. Размещение на этом пространстве в квартере ледникового щита или суперхолодной и гипераридной пустыни, с дефицитом почвенной влаги в сезонно-талом слое и весьма слабым развитием растительного покрова, представляется нереальным.

Авторы данной статьи считают, что предлагаемый сценарий может быть справедлив и для более ранних криохронов среднего и нижнего плейстоцена. На очереди – поиск более древних палеоэкологических летописей, охватывающих эти криохроны; авторы полагают, что и в них ископаемые криогенные и педогенные объекты будут иметь ключевое значение.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке по госзаданиям № 121041600042-7 Института криосферы Земли СО РАН «Изучение формирования, структуры, изменчивости и прогнозирование состояния криосферы, в том числе многолетнемерзлых толщ и криогенных ландшафтов», № 121042000078-9 Тюменского научного центра СО РАН «Разработка методологических основ для междисциплинарных исследований роли криосферы в эволюции вещественно-энергетических взаимодействий на поверхности Земли, механизмах жизнеобеспечения в биосфере и экологических аспектах жизнедеятельности человека. Оценка и прогноз изменения криогенных ландшафтов и экосистем севера Западной Сибири под влиянием природных и антропогенных факторов», и № 0284-2021-0003 Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН «Пространственно-временная изменчивость экосистем и климата Восточной Сибири в позднем плейстоцене-голоцене».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Абрамов А.А., Слеттен Р.С., Ривкина Е.М., Гиличинский Д.А. 2011/Геокриологические условия Антарктиды // Криосфера Земли. Т. XV. № 3. С. 3-19.
2. Галанин А.А. 2021. Позднечетвертичные песчаные покровы Центральной Якутии (Восточная Сибирь): строение, фациальный состав и палеоэкологическое значение // Криосфера Земли. Т. XXV. № 1. С. 3-34.
3. Горячkin C.B., Мергелов H.C., Таргульян B.O. 2019. Генезис и география почв экстремальных условий: элементы теории и методические подходы // Почвоведение. № 1. С. 5-19.
4. Деревягин А.Ю., Куницкий В.В., Майер Х. 2007. Песчано-ледяные жилы на крайнем севере Якутии // Криосфера Земли. Т. XI. № 1. С. 62-71.
5. Зыкина В.С., Зыкин В.С., Вольвакх А.О., Овчинников И.Ю., Сизов О.С., Соромотин А.В. 2017. Строение, криогенные образования и условия формирования верхнечетвертичных отложений Надымского Приобья // Криосфера Земли. Т. XXI. № 6. С. 14-25.
6. Попов А.И., Розенбаум Г.Э., Тумель Н.В. 1985. Криолитология. М.: МГУ. 240 с.
7. Романовский Н.Н. 1977. Формирование полигонально-жильных структур. Новосибирск: Наука. 215 с.
8. Слагода Е.А., Новосёлов А.А., Королева Е.С., Кузнецова А.О., Бутаков В.И., Тихонравова Я.В., Зазовская Э.П. 2022. Следы криогенных процессов в поздненеоплейстоценовых отложениях Пур-Тазовского междуречья
1. Abramov AA, Sletten RS, Rivkina EM, Gilichinskiy D. Geocryological conditions of Antarctica [Geokriologicheskiye usloviya Antarktidy] *Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]*. 2011;XV (3):3-19.
2. Galanin AA. Late Quaternary sand covers of Central Yakutia (Eastern Siberia): structure, facies composition and paleoecological significance [Pozdnechetvertichnyye peschanyye pokrovы Tsentral'noy Yakutii (Vostochnaya Sibir'): stroyeniye, fatsial'nyy sostav i paleoekologicheskoye znacheniyе] *Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]*. 2021;XXV (1):3-34.
3. Goryachkin SV, Mergelov NS, Targulyan VO. Extreme Pedology: Elements of Theory and Methodological Approaches. *Soil Science*. 2019;52 (1):1-13.
4. Derevyagin AYu, Kunitsky VV, Mayer H. Sand-ice veins in the extreme north of Yakutia [Peschanoledyanyye zhily na kraynem severe Yakutii] *Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]*. 2007;XI (1):62-71.
5. Zykina VS, Zykin VS, Volvakh AO, Ovchinnikov IYu, Sizov OS, Soromotin AV. Structure, cryogenic formations and formation conditions of the Upper Quaternary deposits of the Nadym Ob region [Stroyeniye, kriogennyye obrazovaniya i usloviya formirovaniya verkhnechetvertichnykh otlozheniy Nadymskogo Priob'ya] *Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]*. 2017;XXI (6):14-25.
6. Popov AI, Rosenbaum GE, Tumel NV. Cryolithology [Kriolitologiya]. Moscow: MGU, 1985:240.
7. Romanovsky NN. Formation of polygonal-vein structures [Formirovaniye poligonal'no-zhil'nykh struktur]. Novosibirsk: Nauka, 1977:215.

- Западной Сибири // Криосфера Земли. Т. XXVI. № 1. С. 21-35
9. Таргультян В.О. 1971. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука. 270 с.
 10. Шейнкман В.С., Мельников В.П., Седов С.Н., Парначев В.П. 2017. Новые свидетельства внеледникового развития севера Западно-Сибирской низменности // ДАН. Т. 477. № 4. С. 480-484.
 11. Шейнкман В.С., Мельников В.П. 2019. Эволюция представлений о холодах и возможные пути их развития в науках о Земле // Криосфера Земли. Т. XXIII. № 5. С. 3-16.
 12. Шейнкман В.С., Мельников В.П., Парначев В.П. 2020. Анализ криогенных и тектонических процессов на севере Западной Сибири в плейстоцене с позиций криогетеротопии // Доклады РАН. Науки о Земле. Т. 494. № 1. С. 82-86.
 13. Lisiecki L.E., Raymo M.E. 2005. A Pliocene-Pleistocene Stack of 57 Globally Distributed Benthic $\delta^{18}\text{O}$ Records // Paleoceanography. Vol. 20. P. PA 1003.
 14. Péwé T.L. 1959. Sand-wedge Polygons (Tesselations) in the McMurdo Sound Region, Antarctica – Progress Report // American Journal of Science. Vol. 257. No. 8. P. 545-552.
 15. Sedov S., Sheinkman V., Bezrukova E., Zazovskaya E., Yurtaev A. 2022. Sartanian (MIS 2) Ice Wedge Pseudomorphs with Hydromorphic Pedosediments in the North of West Siberia as an Indicator for Paleoenvironmental Reconstruction and Stratigraphic Correlation // Quaternary International. Vol. 632. P. 192-205.
 16. Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh S., Korkina E., Korkin S., Zinovyev E., Golyeva A. 2016. First Results from the Late Pleistocene Paleosols in Northern Western Siberia: Implications for Pedogenesis and Landscape Evolution at the End of MIS3 // Quaternary International. Vol. 418. P. 132-146.
 17. Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh L., Bezrukova E., Dobrynin D., Timireva S., Rusakov A., Maksimov F. 2021. A Multiproxy Record of Sedimentation, Pedogenesis, and Environmental History in the North of West Siberia during the late Pleistocene Based on the Belya Gora Section // Quaternary Slagoda EA, Novoselov AA, Koroleva ES, Kuznetsova AO, Butakov VI, Tikhonravova YaV, Zazovskaya EP. Traces of cryogenic processes in the Late Pleistocene deposits of the Pur-Taz interfluve of West Siberia [Sledy kriogennykh protsessov v pozdneneopleystotsenovyykh otlozheniyakh Pur-Tazovskogo mezhdurech'ya Zapadnoy Sibiri] Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]. 2022;XXVI (1):21-35.
 9. Targulyan VO. Soil formation and weathering in cold humid areas [Pochvoobrazovaniye i vyvetrivaniye v kholodnykh gumidnykh oblastyakh]. Moscow: Nauka, 1971:270.
 10. Sheinkman VS, Melnikov VP, Sedov SN, Parnachev VP. New evidence of extraglacial development in the north of the West Siberian Lowland [Novyye svidetel'stva vnelednikovogo razvitiya severa Zapadno-Sibirskoy nizmennosti] DAN. 2017;477 (4):480-484.
 11. Sheinkman VS, Melnikov VP. Evolution of ideas about cold and possible ways of their development in the Earth sciences [Evolyutsiya predstavleniy o kholode i vozmozhnyye puti ikh razvitiya v naukakh o Zemle] Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]. 2019;XXIII (5):3-16.
 12. Sheinkman VS, Melnikov VP, Parnachev VP. Analysis of cryogenic and tectonic processes in the north of West Siberia in the Pleistocene from the standpoint of cryoheterotopy [Analiz kriogennykh i tektonicheskikh protsessov na severe Zapadnoy Sibiri v pleystotsene s pozitsiy kriogeterotopii] Reports of the Russian Academy of Sciences [Doklady RAN] Earth Sciences [Nauki o zemle]. 2020;494 (1):82-86.
 13. Lisiecki LE, Raymo ME. A Pliocene-Pleistocene Stack of 57 Globally Distributed Benthic $\delta^{18}\text{O}$ Records. Paleoceanography. 2005;20:PA 1003.
 14. Péwé TL. Sand-wedge Polygons (Tesselations) in the McMurdo Sound Region, Antarctica – Progress Report. American Journal of Science. 1959;257 (8):545-552.
 15. Sedov S, Sheinkman V, Bezrukova E, Zazovskaya E, Yurtaev A. Sartanian (MIS2) Ice Wedge Pseudomorphs with Hydromorphic Pedosediments in the North of West Siberia as an Indicator for Paleoenvironmental Reconstruction and Stratigraphic Correlation. Quaternary International. 2022;632:192-205.
 16. Sheinkman V, Sedov S, Shumilovskikh S, Korkina E, Korkin S, Zinovyev E, Golyeva A. First Results from the Late Pleistocene Paleosols in Northern Western Siberia: Implications for Pedogenesis and Landscape Evolution at the End of MIS 3. Quaternary International. 2016;418:132-146.

- Research. Vol. 99. P. 204-222.
18. Sheinkman V., Sharapov D., Sedov S. 2022. Northwest Siberia as a MIS2 Desert? Inferences from Quartz Morphoscopy and Polygonal Ice Wedges // Quaternary International. Vol. 620. P. 46-47.
19. Svendsen J.I., Krüger L.C., Mangerud J., Young N.E. 2014. Glacial and Vegetation History of the Polar Ural Mountains in Northern Russia during the Last Ice Age, Marine Isotope Stages 5-2 // Quaternary Science Review. Vol. 92. P. 409-428.
20. Velichko A.A., Timireva S.N., Kremenetski K.V., MacDonald G.M., Smith L.C. 2011. West Siberian Plain as a Late Glacial Desert // Quaternary International. No. 237. P. 45-53.
21. WFO. The World Flora Online. 2022 [Электронный ресурс www.worldfloraonline.org (дата обращения 10.10.2022)].
17. Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh L., Bezrukova E., Dobrynin D., Timireva S., Rusakov A., Maksimov F. A Multiproxy Record of Sedimentation, Pedogenesis, and Environmental History in the North of West Siberia during the Late Pleistocene Based on the Belya Gora Section. *Quaternary Research*. 2021;99:204-222.
18. Sheinkman V., Sharapov D., Sedov S. Northwest Siberia as a MIS 2 Desert? Inferences from Quartz Morphoscopy and Polygonal Ice Wedges. *Quaternary International*. 2022;620:46-47.
19. Svendsen JI, Krüger LC, Mangerud J, Young NE. Glacial and Vegetation History of the Polar Ural Mountains in Northern Russia During the Last Ice Age, Marine Isotope Stages 5-2. *Quaternary Science Review*. 2014;92:409-428.
20. Velichko AA, Timireva SN, Kremenetski KV, MacDonald GM, Smith LC. West Siberian Plain as a Late Glacial Desert. *Quaternary International*. 2011;237:45-53.
21. WFO. The World Flora Online. 2022, Available at www.worldfloraonline.org (Date of Access 10/10/2022).

UDC 551.34 + 551.24

PALEOECOLOGY OF THE NORTH OF WEST SIBERIA IN THE LAST EPOCH OF THE PLEISTOCENE: NEW EVIDENCES AND SCENARIOS

© 2022. V.S. Sheinkman* *** ***, S.N. Sedov* *** ***, E.V. Bezrukova*****

*Earth Cryosphere Institute of the Tyumen Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Russia, 625026, Tyumen, Malygin Str., 86. E-mail: vlad.sheinkman@mail.ru

**Tyumen State University
Russia, 625003, Tyumen, Volodarskiy Str., 6. E-mail: serg_sedov@yahoo.com

***Tyumen Industrial University
Russia, 625000, Tyumen, Volodarskiy Str., 36

****Institute of Geology of the National Autonomous University of Mexico
Mexico, CdMx C.P.04510, Mexico City, University campus, Del. Coyoacán

*****A.P. Vinogradov's Institute of Geochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Russia, 664033, Irkutsk, Favorski Str., 1a. E-mail: bezrukova@igc.irk.ru

Received December 01, 2022. Revised December 10, 2022. Accepted December 15, 2022.

There are presented materials in respect to the Quaternary paleocryological, paleosoil and paleobotanic development of the area in the north of the West-Siberian Plain. Data demonstrating wide distribution of polygonal-wedge structures in the region are elucidated. The structures represent polygonal ice wedge pseudomorphs and initially ground wedges. The first developed in the terminal phase of the Pleistocene in the end of MIS-2, and are the successors of the epigenetic polygonal ice wedges which cut the Karga, MIS-3, alluvial thickness, whereas the second formed in the syncryogenetic alluvial deposits in the course of MIS-3. Redeposited material of cryohydromorphic

paleosols has been revealed in the filling of the pseudomorphs; fragments of humus horizon are included – they are used for ^{14}C -dating. Spore-pollen spectrum in that filling shows prevalence of boggy tundra and tundra-steppe vegetation. The set of obtained data casts doubt on hypothesis of prevalence of cold deserts and ice sheets in the study area and shows existence of developed vegetable cover at a background of sufficient and, in places, superfluous moistening. It occurs on account of close position of the permafrost roof. Also the conclusion in respect to non-glaciated development of the region in the cryochrons, which are similar to MIS-2, is concluded.

Key words: permafrost, paleocryogenesis, polygonal-wedge structures, paleoecology of West Siberia, spore-pollen spectra, Pleistocene paleosols, polygonal ice wedge pseudomorphs.

Funding. This research was funded for the State Assignments No. 121041600042-7 of the Earth Cryosphere Institute of the Tyumen Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences “Researching the Ways of Formation, Structure and Variability, and Forecasting of the Cryosphere Condition, Including Permafrost and Cryogenic Landscapes”; No. 121042000078-9 of the Tyumen Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences “Development of Methodological Foundations for Interdisciplinary Studies of the Role of the Cryosphere in the Evolution of Substantial and Energetic Interactions on the Earth’s Surface, in the Life Support Mechanisms of the Biosphere and the Ecological Aspects of Human Life. Assessing and Forecasting the Changes in Cryogenic Landscapes and Ecosystems in the North Part of West Siberia under the Influence of Natural and Anthropogenic Factors”; No. 0284-2021-0003 of the A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences “Spatio-Temporal Ecosystems and Climate Variability in Eastern Siberia during the Late Pleistocene-Holocene”.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-4-71-88

EDN: HRMOLP

===== DYNAMICS OF ECOSYSTEMS AND THEIR COMPONENTS =====

UDC 551.34 + 551.24

**PALEOECOLOGY OF THE NORTH OF WEST SIBERIA
IN THE LAST EPOCH OF THE PLEISTOCENE: NEW EVIDENCES AND SCENARIOS**

© 2022. V.S. Sheinkman*, **, ***, S.N. Sedov*, **, ***, E.V. Bezrukova****

**Earth Cryosphere Institute of the Tyumen Science Center of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences*

Russia, 625026, Tyumen, Malygin Str., 86. E-mail: vlad.sheinkman@mail.ru

***Tyumen State University*

Russia, 625003, Tyumen, Volodarskiy Str., 6. E-mail: serg_sedov@yahoo.com

****Tyumen Industrial University*

Russia, 625000, Tyumen, Volodarskiy Str., 36

*****Institute of Geology of the National Autonomous University of Mexico
Mexico, CdMx C.P.04510, Mexico City, University campus, Del. Coyoacán*

******A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences*

Russia, 664033, Irkutsk, Favorski Str., 1a. E-mail: bezrukova@igc.irk.ru

Received December 01, 2022. Revised December 10, 2022. Accepted December 15, 2022.

In this article we present the materials in respect to the Quaternary paleocryological, paleosols and paleobotanic development in the north of the West Siberian Plain. Data demonstrating wide distribution of polygonal-wedge structures in the region are elucidated. The structures represent polygonal ice wedge pseudomorphs and initially ground wedges. The former developed in the terminal phase of the Pleistocene in the end of marine isotope stage¹ 2 (MIS-2), and are the successors of the epigenetic polygonal ice wedges which cut the Karginian (MIS-3) alluvial mass, whereas the second formed in the syncryogenetic alluvial deposits in the course of MIS-3. Redeposited material of cryohydromorphic paleosols has been revealed in the filling of the pseudomorphs; fragments of humus horizon are included – they are used for ¹⁴C-dating. Spore-pollen spectrum in that filling shows prevalence of boggy tundra and tundra-steppe vegetation. The set of obtained data casts doubt on hypothesis of prevalence of cold deserts and ice sheets in the study area and shows existence of developed vegetable cover at a background of sufficient and, in places, superfluous moistening. It occurs on account of close position of the permafrost roof. Also the inference in respect to non-glaciated development of the region in the cryochrons, which are similar to MIS-2, is concluded.

Keywords: permafrost, paleocryogenesis, polygonal-wedge structures, paleoecology of West Siberia, spore-pollen spectra, Pleistocene paleosols, polygonal ice wedge pseudomorphs.

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-4-89-104

EDN: HRMOLP

Various kinds of cold environment with the developing permafrost and other related phenomena become the main paleoecological markers of the Quaternary in the north

¹ Marine isotope stages (oxygen isotope stages) or MIS are alternating warm and cold stages in the history of the planet's climate that reflect temperature changes. They are classified by the content of oxygen isotope and obtained from deep-sea cores. MIS-2 (Fig. 2) corresponds to the cold stage at about ~27-12 thousand years ago; MIS-3 corresponds to the warm stage at about ~60-27 thousand years ago; MIS-1 corresponds to the warm stage in the interval from 12 thousand years ago to the present days. The stages from MIS-1 to MIS-5 are parts of the last ~100 thousand years climate cycle, while MIS-6 corresponds to the time period ~185-125 thousand years ago (Fig. 2), reflecting the events of the previous ~100 thousand years climate cycle (Editor's note).

of West Siberia. This is determined by the specific formation of the natural environment of this region (Sheinkman et al., 2020). The traces of these phenomena can be reliable indicators for the ecosystems that formed in this region at different points of the Quaternary. Therefore, the analysis of paleocryogenic indicators is especially important for the environmental reconstruction of the last cold time of the Pleistocene, which corresponds to the marine isotope stage 2 (MIS). In recent decades the borders of the ice sheets that formed in that time have been revised and it is generally believed now that the north of the West Siberian Plain had no ice sheets at all. This belief is shown in a number of generalized paleogeographic maps (Velichko et al., 2011; Svendsen et al., 2014). The present authors explain the absence of glacial cover in the region and the dominance of deep freezing in the rocks for the entire Quaternary (Sheinkman et al., 2017, 2020). There is also a question concerning the past of the ecosystems in that cold, continental and ice-free region, since the opinions differ a lot. For example, some authors (Velichko et al., 2011; Zykina et al., 2017) suggested that the said period had the same scenarios with the Antarctic deserts, with extremely cryoarid conditions. Therefore, it is discussed what type of cryogenesis was natural for the area. Our analysis showed the improbability of extreme phenomena related to cold deserts or glacial sheets in the said region. We made these conclusions by giving the dominant properties to the subordinate elements of cryogenic systems, instead of the main elements, and we discuss them further below.

Materials and Methods

When talking about the north of Siberia, we usually mean the area located north of the middle course of the Ob' River which oriented in the latitudinal direction (Fig. 1). The results of our research explore the events of MIS-3 – MIS-1 (Fig. 2). However, since the depth and volume of the main cryochrons and thermochrons² on the paleoclimatic scales of the Quaternary were similar, and since they were approximately the same during MIS-1 – MIS-6 (Lisiecki, Raymo, 2005), then our results can be used as a reference basis for assessing the events of the entire Quaternary, whereas the objects of the research are paleocryogenic structures and pedosediments.

In the studied area we revealed the wide development of polygonal wedge structures (a very informative indicator of the past permafrost zone) and their connection to the cryohydromorphic buried paleosol soils that were naturally present in the region and are discovered there for the first time. During cryochrons these soils were zonal and distributed over the area (Sheinkman et al., 2016, 2021; Sedov et al., 2022), which was impossible in the conditions of cold desert. Moreover, we found out that polygonal ice wedge pseudomorphs were widely developed there and they succeed the polygonal ice wedges, fed by thawing water, which is absent in the hyperarid conditions of cold deserts. In our case, the indicative properties of buried soils and pseudomorphs succeeding the polygonal ice wedges clearly demonstrated that cryoarid conditions with a low-temperature permafrost zone did, in fact, exist during the cryochrons. However, in addition to a long and cold winter with scarce snow, their main features was a warm, albeit short summer, which determined the well-defined seasonally thawing layer and the feeding of polygonal ice wedges achieved through thawing and rainfall, even when their amount was limited.

The buried Pleistocene soils in the studied region have not been studied enough. Besides, whenever the formation of ice sheets was considered as the basis for the development of nature in the past, no search for relicts of buried soils was carried out, because the mere existence of such soils under the ice sheets was negated. Another issue is that the cryohydromorphic buried soils, which should naturally form under cryochron conditions (Goryachkin et al., 2019), are rarely found

² Cryochron and thermochron are time intervals in the climate history that correspond to major cold and warm climate stages, which, in their turn, correspond to glaciations and interglacial periods. Usually they are distinguished when interpreting the events of the Quaternary Period (Editor's note).

in this region in their original form, instead manifesting themselves as reduced relics. Meanwhile, their representative form is preserved as the redeposited pedodeposits in the pseudomorphs filling along the polygonal ice wedges. In many cases, however, the redeposited soils contain fragments of humus horizons with enough organic matter to perform radiocarbon dating. Moreover, we were able to obtain a number of representative spore-pollen spectra from pseudomorphs fillings.

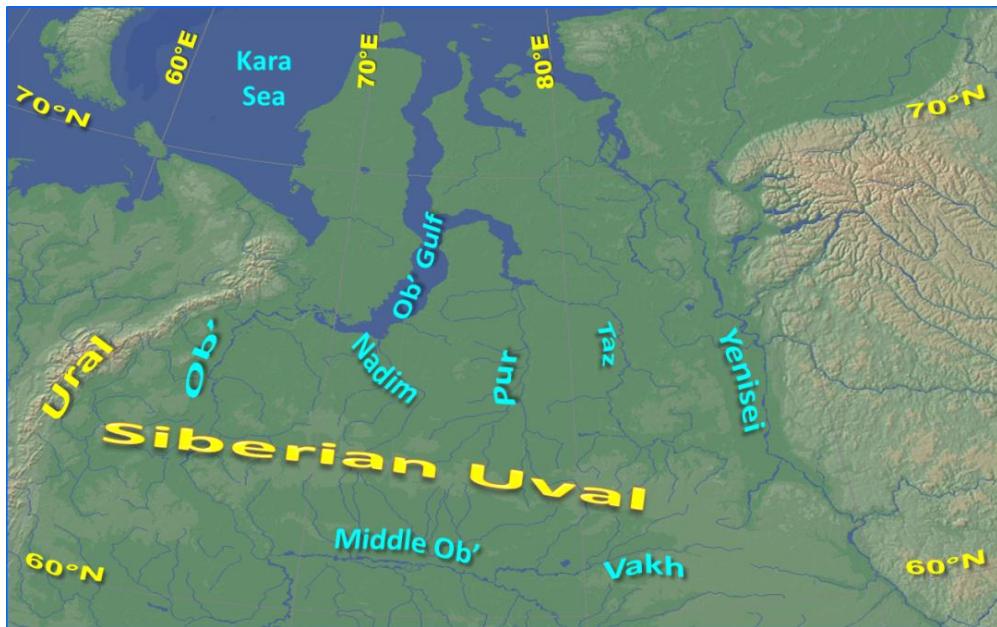


Fig. 1. Schematic map of the north part of West Siberia.

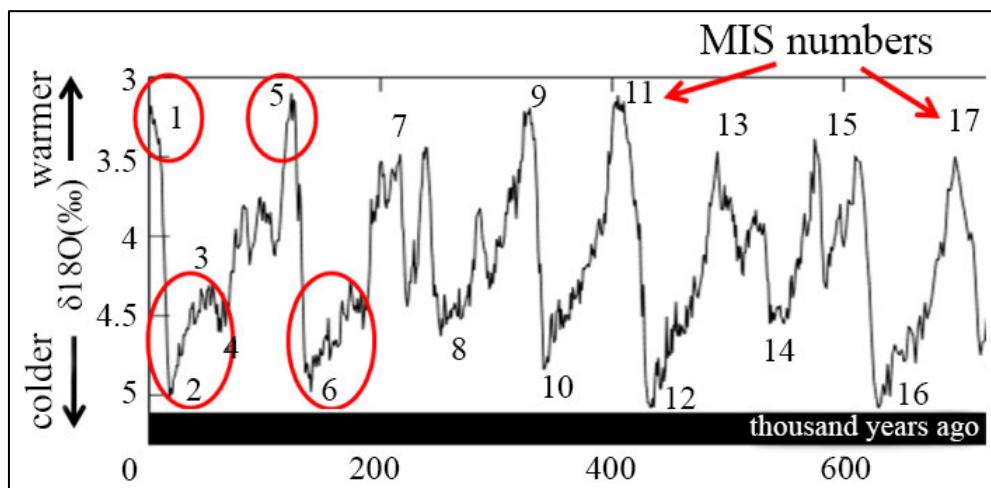


Fig. 2. Paleogeographical records for the second half of the Pleistocene (Lisiecki, Raymo, 2005); cryochrons and thermochrons in the end of the Pleistocene are marked with red circles.

Results and Discussion

Below we discuss the mentioned phenomena, using the representative objects of the lower reaches of the Nadym River. On its left-hand bank, where it meets the Kheygiyakha River, there is a quarry with a wide range of paleocryogenic, pedogenic, and postcryogenic formations (Fig. 3).

There the river cuts into the plain adjacent to the Gulf of Ob, forming 15-20 m terraces of the second above the floodplain terrace category, when the water level is about 10 m. The quarry exposes the sand body of one terrace that has formed in the second half of MIS-3, while being dissected by polygonal ice wedges during MIS-2 (Sheinkman et al., 2022; Sedov et al., 2022).

However, different authors (Zykina et al., 2017; Sheinkman, Melnikov, 2019) interpret the structure of deposits exposed in the quarry wall in different ways, because in some models the input elements that are used as the dominant ones are not dominant at all. And this is unacceptable for their interaction.

This terrace is covered by an active dune (Fig. 3). Earlier A.A. Velichko et al. (2011) suggested that this area was the cold desert with active aeolian processes that formed in the MIS-2 cryochron in the north of West Siberia. This was substantiated by the eolian traces that the authors (Velichko et al., 2011) had found in the sands under the Holocene peat lands. However, this is a local phenomenon common for alluviums without the dominance of desert ecosystems in many areas of the low-temperature permafrost zone (Galanin, 2021). After a morphoscopic analysis of quartz grains in the MIS-2 deposits, we revealed (V. Sheinkman et al., 2022) that suggested eolian participation as well, however, not of a prevailing kind. The sedimentation process had cryogenic, wind, and fluvial impacts. The watercourses under the MIS-2 conditions, i.e. during the cold and dry cryochron, were not covered with ice in summer, feeding on the thawing snow and rain waters, while the upper horizon of the frozen mass had a seasonally thawing layer in it.

However, V.S. Zykina et al. (2017) emphasized the development of the cold desert in the region during the MIS-2 by wrongfully (from the standpoint of paleocryological development) giving the dominant role to the sub-elements of their model. The dune, mentioned by V.S. Zykina (Fig. 3), is recognized as a factor for the active material movement specifically under the conditions of a cold desert, while being a young form that sprung up on the site of a burnt forest and partially covered a well-developed Podzol that indicated the occurrence of taiga ecosystems (Sheinkman, Melnikov, 2019). The authors (Zykina et al., 2017) also classify the polygonal wedges as primary sandy wedges, the ones that indicate the extremely cold and dry conditions. However, their designation was based only on the individual external features of the polygonal structures, such as the small height, narrowness and sandy or sometimes streaky filling, whereas the main features that signify the development of polygonal ice wedges in the low-temperature of permafrost zone with active thawing water, were not discussed at all.

The first and foremost feature in our case is the forming the cryohydromorphic buried soils with a basis on the bottom of the former seasonally thawing layer between the polygonal wedge structures conjugated with the framing of the polygonal ice-wedge pseudomorphs (Sheinkman et al., 2022; Sedov et al., 2022). At the same time V.S. Zykina et al. (2017) suggested to use the hyperarid and supercold region of the Dry Valleys of Antarctica as an analogue of the regional development model. The Dry Valleys are a unique place in the south of Antarctica, with extremely low annual air temperatures and absence of atmospheric precipitation, the conditions that prevent thawing of permafrost; therefore their its roof is leveled with the day surface (Abramov et al., 2011). Such occurrences would be impossible in the past of the studied area.

The clearing of the quarry revealed that some of the polygonal wedge structures (Fig. 3) were narrow, but all of them radically differed from the primary sand wedges veins, which were first described in Antarctica as sand wedges embedded in coarse-grained deposits (Pewe, 1953). The height of the largest structures in our case was 2-2.5 m, with the width at the top reaching 1.5 m; their contours were conjugated with the base of the cryohydromorphic buried soil, therefore showing the previous level of the seasonally thawing layer. The relics of these soils were clearly noticeable 1 m below the day surface as a bluish, several centimeters thick horizon, with a brown border below and rich with humus.

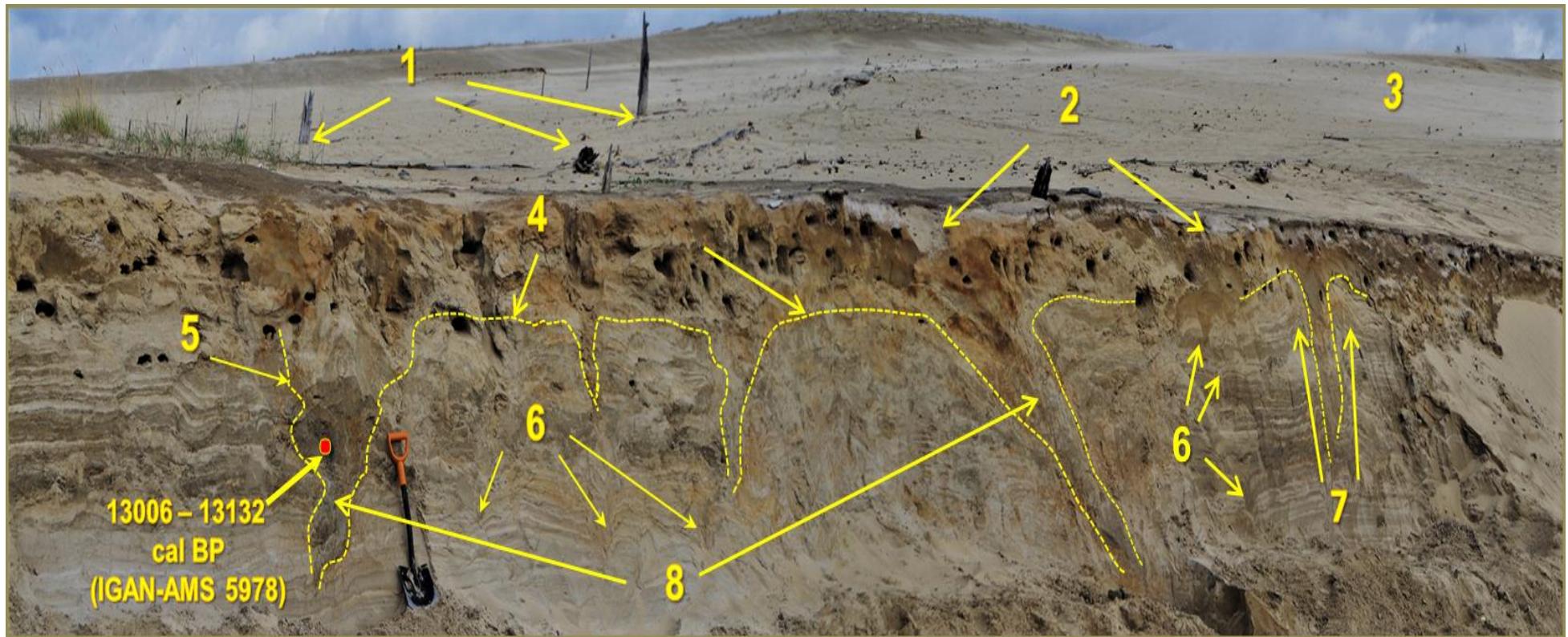


Fig. 3. Stripping quarry wall on the left-hand bank of the Nadym River near the mouth of the Kheigyakha River (photo from V.S. Sheinkman's archive). Legend: 1 – remains of a burnt forest, 2 – current Podzol and its pockets along the pseudomorphs axis on the polygonal ice wedges, 3 – sand dune, 4 – base of the relic cryohydromorphic soil, 5 – outlines of polygonal ice wedge pseudomorphs, 6 – buried initially ground wedges, 7 – traces of layers being squeezed, 8 – polygonal ice wedge pseudomorphs, with pedosediments in their filling.

The development of these soils is reflected on the matrix of permafrost rocks, where the freezing deposits would stabilize, switching from the process of floodplain accumulation to the state of a stable terrace (Sedov et al., 2022).

The signs of a former, well-pronounced seasonally thawing layer are emphasized by cryohydromorphic soil, indicating the impact of thawed waters that soak the upper alluvium layers and penetrate the cracks, thereby confirming that the polygonal wedge structures are, indeed, the polygonal ice wedge pseudomorphs. According to N.N. Romanovsky (1977), they preserve the outlines of former polygonal ice wedges in the deposits with low ice saturation, which is true for our case as well.

Figure 3 shows that the pseudomorphs are of a distinguished triangle shape, narrow in their middle and bottom, wider at the top, squeezed upwards and outwards where they touch the surrounding sediment rock, with the slightly smoothed ridges above the heads of the veins. This is a typical image of the polygonal ice wedge development under the stabilization of the day surface they cut through (Popov et al., 1985). It also implies their epigenetic nature, while the streaky structure of pseudomorphs can be explained by the specific ways of their development.

Cryohydromorphic soils that are partially reduced by the illuvial horizon of the surface Podzol above (Fig. 3) can be clearly seen in the filling of the pseudomorphs in the form of frozen buried pedosediments that slid down from the space between the wedges, together with the sedimentary rocks, along the walls of thawing polygonal ice wedges. This explains the well-pronounced subvertical streaks in the structure of the pseudomorphs which, in our opinion, was caused in the past by the structures, similar to polygonal sand-ice wedges, currently common in the north Yakutia and described as sandy-icy wedges by A. Yu. Derevyagin et al. (2010). The outlines of the precursors of the pseudomorphs along these structures are preserved even better and have a more pronounced streaky structure.

We analyzed the humus filling of the pseudomorphs and carried out ^{14}C -dating. The results showed that the pseudomorphs began to fill during the terminal phase of the Pleistocene, i.e. 15–16 thousand years ago, during an early manifestation of climate warming at the end of the MIS-2 cryochron, but with the permafrost still present (Sedov et al., 2022). The polygonal ice wedges require the permafrost conditions with ground temperatures from -5°C to -6°C for their development of in the sands (Romanovsky, 1977). When the temperatures become higher, but remained negative in the permafrost, the ice substance of polygonal wedges and sand-ice wedges began to thaw, allowing the fragments of cryohydromorphic soil and sedimentary rock to slide down the walls of the wedge and freeze along them, layer by layer.

Figure 3 shows other wedge structures, located at different depths much closer to each other and reaching up to 1 m. The bottom layers of the surrounding rock curl downwards, gentle at the top and then smoothly merging with the horizontal deposits above. These features mean there are initially ground wedges forming in the active layer (Romanovsky, 1977). They indicate that the ground wedge deposits of the MIS-3 were frozen, while the temperature was higher than the level required for the development of polygonal ice wedges, and therefore the deposits accumulated under conditions of an unstabilized terrace surface, turning into syncryogenic formations. By the moment the cryohydromorphic soil started to form (during MIS-2), the surface of this sedimentary body had already stabilized (otherwise the soil would not have formed) and acquired some epigenetic formations of polygonal ice wedges that cut through and thawed at the end of MIS-2 to be replaced by pedodeposits, or the derivatives of cryohydromorphic soil. By the Middle Holocene a significant part of the frozen mass thawed, as evidenced by well-pronounced Podzols in its top part. According to V.O. Targulyan (1971), they are distinguished by their development under conditions of good aeration and free drainage, which means that they were formed only after the sedimentary rocks had almost thawed and the former permafrost aquiclude had disappeared, fixed by the base of cryohydromorphic buried soils before that. A series of radiocarbon dating (^{14}C) carried out for the humus substance of these Podzols proves as well

that it happened in the Middle Holocene (Sedov et al., 2022; Sheinkman et al., 2022); some of the radiocarbon dating (^{14}C) results are shown in Figures 4 and 5.

A clearer situation was observed in the lower reaches of the Nadym River, 5 km north of the Pangody Village, where the Tyyakha River flows into the Pravaya Khetta River (the right-hand tributary of the Nadym River), creating a 10-meter terrace (Fig. 4). The terrace is composed of Karginian (MIS-3) alluvium, which was confirmed by a series of radiocarbon dating (^{14}C), one of which is shown in Figure 4-B. The terrace is dissected by a network of MIS-2 pseudomorphs formed along the polygonal ice wedges (Fig. 4-A, which is better seen on the cleared quarry wall a few hundred meters from the terrace edge (Fig. 5). Those pseudomorphs were quite large, of various shapes, up to 4 m high and 3 m wide. Their filling was grayish as well, with a brown border between them and the cryohydromorphic soil above. Aside from polygonal ice wedges, pseudomorphs we found the initially ground wedges buried at different levels, which confirms for some time the MIS-3 deposits were freezing under the high-temperature permafrost conditions or, at least, at the temperature higher than the threshold required for formation of polygonal ice wedges.

Similar observations were made on the opposite, eastern flank of the plain that adjoins the Siberian Uval from the north; namely, in the basin of the upper Taz River, in the right-hand bank of the Pyulky River. These pseudomorphs are large (Fig. 6), stretched along the former Sartanian (MIS-2) epigenetic polygonal ice wedges and created in the upper part of the thickness of alluvial deposits, the age of which is 30-45 thousand years old according to radiocarbon dating (^{14}C). Similar to the previous cases, the dating determined the Karginian age (MIS-3) for this mass as well. The Sartanian age (MIS-2) of the polygonal ice wedges that cut through them was determined on the basis of the radiocarbon dating (^{14}C) carried out for the filling material of pseudomorphs that inherit these ices; according to it, the range is 10-13 thousand years ago (Fig. 6). We collected unique paleobotanical materials from this profile (Sedov et al., 2022), and even though only 4 samples contained spore-pollen spectra, in which the calculated number of pollen grains and spores exceeded 100 pieces (from 106 to 502), the reasonable interpretation was made nevertheless.

Sample 1 (Fig. 6) was taken from the surface, recently formed Late Holocene deposits. The composition of its spore-pollen spectrum shows the prevailing forest vegetation, which was formed by spruce-cedar forests with a predominance of Siberian spruce (*Picea obovata*³), Siberian pine (*Pinus sibirica*), as well as participation of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and tall birch (*Betula alba*), and sometimes with Siberian fir (*Abies sibirica*). The shrub communities were formed by shrubby birch (*Betula nana*) and alder (*Alnus alnobetula*). The forb-shrub layer in the spore-pollen spectrum is represented by the rare encounters of heather (*Ericaceae*) and the small amount of anemogamous forbs, such as sagebrush (*Artemisia* spp.), as well as goosefoot (*Chenopodiaceae*). These data matches the vegetation structure of the modern middle taiga ecosystem of this territory.

Sample 2 was collected from the filling of the largest pseudomorphs formed along the polygonal ice wedges (Fig. 6). It characterizes the thin forest stand, presumably, of the forest-tundra landscape, with patches of spruce, birch, alder and willow. The dominant species are the ones common for the waterlogged wetland landscapes, i.e. horsetail-sphagnum moss-sedge forb-shrubby tundra, including the pollen samples of *Alnus alnobetula*, *Salix* spp., *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Polemonium* sp., *Polygonaceae* ind. and *Polygonum bistorta*. Additionally, club moss (*Huperzia arctica* (Tolm.) Sipl. (=*H. petrovii* Sipl.)) and *Meesia* mosses are very abundant there, characterizing the development of tundra vegetation and lowland sedge bogs. It is possible that *Poaceae* could also be present in forb tundras and steppe areas. The diversity of forbs which currently form the steppe vegetation in the area and which are present in the pollen samples, indicate the significant development of steppe associations: *Artemisia* spp., *Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Onagraceae*, *Fabaceae* and *Polygonum bistorta*.

³ The Latin species, genera and families are provided according to The World Flora Online (WFO, 2022).

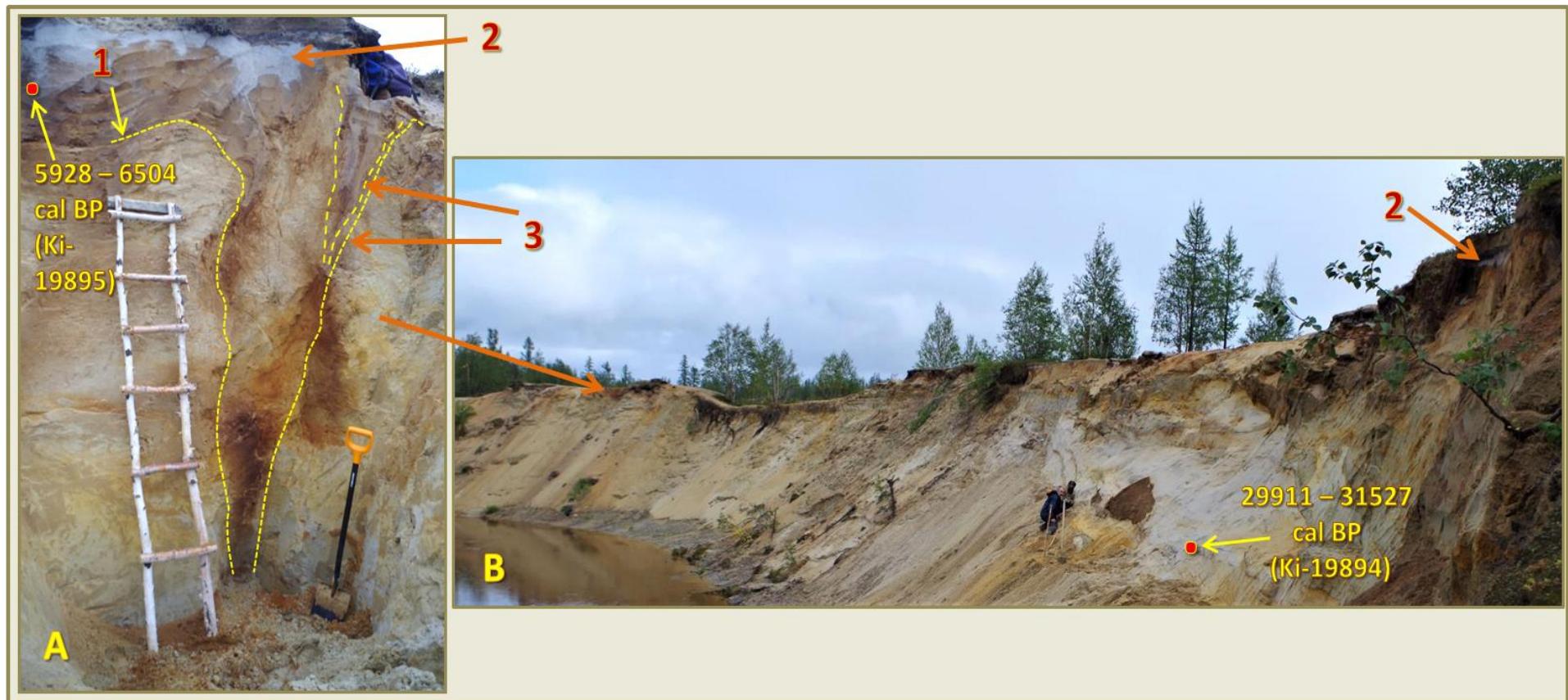


Fig. 4. Stripping wall of the terrace at the wright-hand bank of the Tyiakha River (photo from V.S. Sheinkman's archive). *Legend:* 1 – base of the relic cryohydromorphic soil, 2 – current Podzol, 3 – outlines of polygonal ice wedges pseudomorphs of different generations.

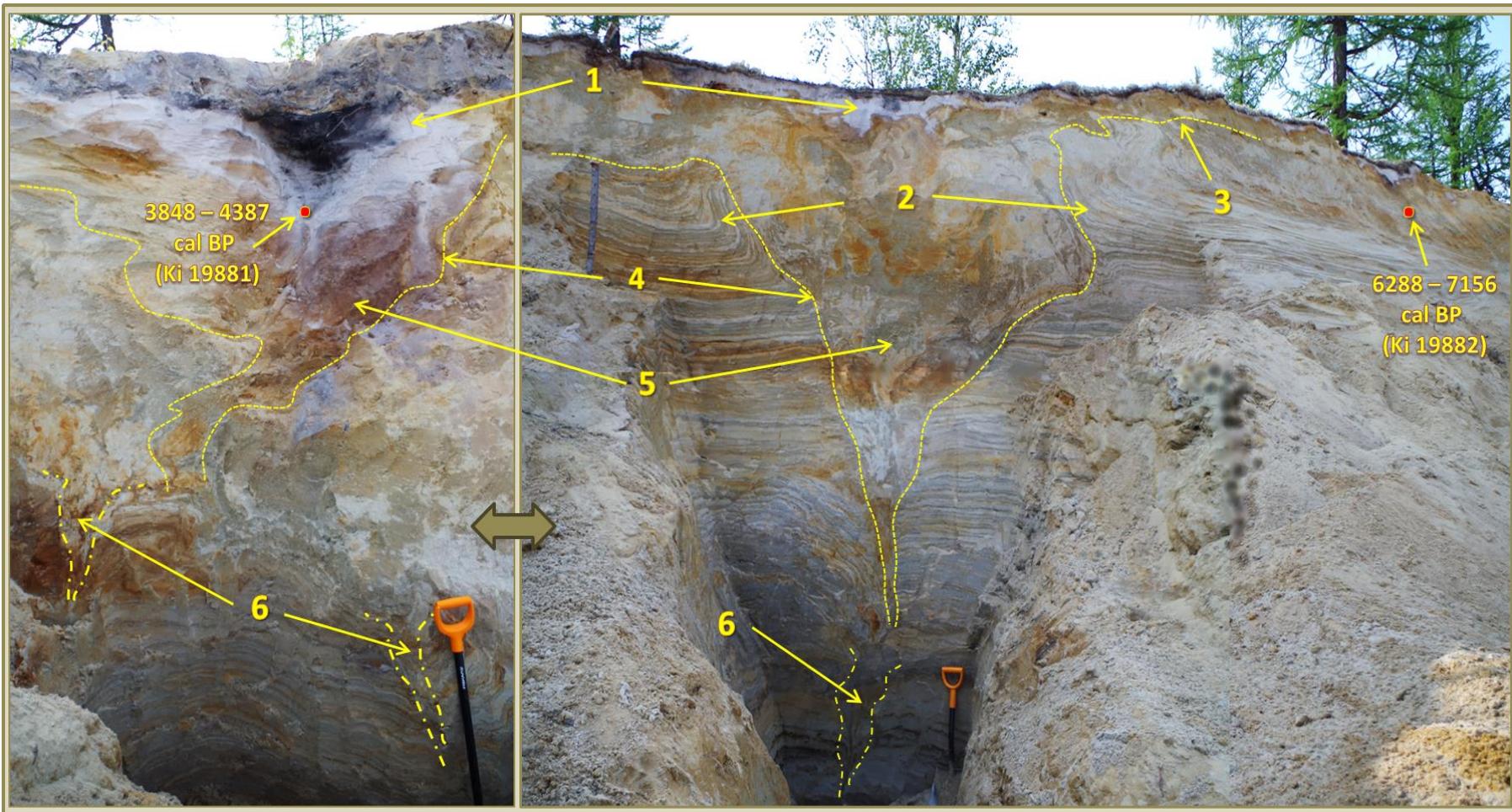


Fig. 5. Stripped quarry wall near the Tyiakha River (photo from V.S. Sheinkman's archive). Legend: 1 – surface Podzol and its pockets over the polygonal ice wedge pseudomorphs, 2 – traces of layers being squeezed, 3 – base of the relic cryohydromorphic soil between the polygonal ice wedge pseudomorphs, 4 – borders of the polygonal ice wedge pseudomorphs, 5 – body of the polygonal ice wedge pseudomorphs, 6 – buried initially ground wedges.

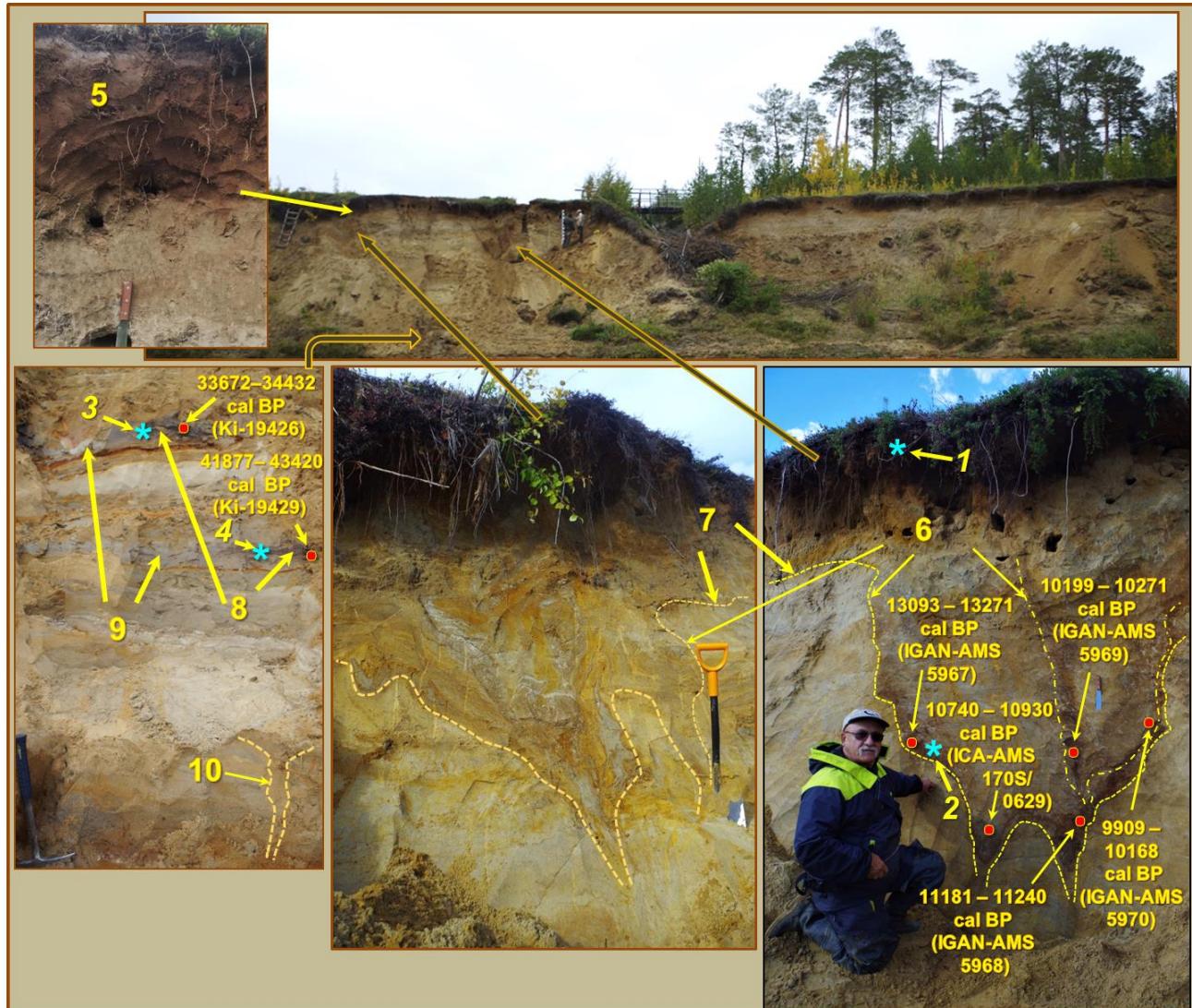


Fig. 6. Pyulky object (photo from V.S. Sheinkman's archive). *Legend:* 1-4 – sample sites for spore-pollen analysis, 5 –modern soil, 6 – outlines of polygonal ice wedge pseudomorphs of different generations, 7 – base of the relic cryohydromorphic soil between polygonal ice wedge pseudomorphs, 8 – inclusions of organic detritus, 9 – Karginian buried soils of different generations, 10 – buried initially ground wedges.

Therefore, when this sample was prepared the vegetation was mosaic due to a mix of forest-tundra, tundra, steppe (possibly, of slope kind) types.

In the lower part of the alluvial terrace sequence at the Pyulki object we detected two layers enriched in organic detritus. We suppose they are incipient syn-sedimentary alluvial paleosols. We found those two paleosols in the alluvial deposits of this outcrop, located 60 cm and 150 cm above the water surface of the river (Fig. 6). According to radiocarbon dating (^{14}C) of the humus substance taken from these buried soils, they belong to the Karginian period (MIS-3). With the syncryogenic accumulation of alluvium in the background, these buried soils experienced noticeable that their formation, while the alluvium surface stabilized within the floodplain for some time from one flood to another. This process ensured the accumulation of spores and pollen in the soils composition, which now reflects the nature of the landscapes. We obtained the samples for spore-pollen analysis from the buried soils as well.

The amount of forb pollen in the general composition of the spore-pollen spectrum that was acquired from the Sample 4 (Fig. 4), at the bottom of the profile or 60 cm above the water edge, is slightly higher than the amount of tree species. The composition of tree pollen implies that the local forest vegetation was formed mainly by spruce and birch. A noticeable content of *Pinus sylvestris* indicates that it was present in the warm, relatively dry areas, the grass cover of which consisted of modern steppes, such as *Artemisia* spp., *Poacea*, *Chenopodiaceae* and *Caryophyllaceae*. Meanwhile, wet sphagnum-sedge groups were very limited.

Sample 3 was collected higher on the profile, from another buried soil, 150 cm above the water edge (Fig. 6). Its spore-pollen spectrum is dominated with forbs, while the amount of trees is less significant. Similar to the previous sample, acquired 1 m lower, the composition of tree pollen suggests that patches of local forest vegetation were formed by *Picea obovata* and *Betula alba*. The amount of *Pinus sylvestris* pollen here is half as much in this sample, which means either its reduced participation in the local vegetation or the fact that its border started to move southward, indicating the beginning of permafrost. The increased amount of modern tundra shrubs pollen (*Betula nana*, *Alnus alnobetula*, *Salix* spp.) signifies an expansion of their range near the profile. Additionally, the role of humid, water-logged sphagnum-sedge groups increased. The high share of pollen from plants of steppe and/or disturbed habitats suggests the presence of relatively dry areas that used to warm up during summer and had species from modern steppes in their herbaceous cover, such as *Artemisia* spp., *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae* and *Onagraceae*.

Generally speaking, the spore-pollen spectra in the deposits of MIS-3 and late MIS-2 are relatively similar and reflect the nature of landscapes with permafrost rocks that existed at temperatures above those required for polygonal ice wedges formation. A slightly increased temperature drop took place in this territory during the first half of MIS-3, which was recorded by the spore-pollen spectrum from the Sample 4. It is an indirect evidence of a gradual transition from cold MIS-4 to warm MIS-3 (Fig. 2).

Either way, the spore-pollen spectra and the nature of the polygonal vein structures show that in the Karginian period (MIS-3) the landscapes had not yet acquired those features favorable for the development of polygonal ice wedges and the temperatures had not yet passed the value threshold required for polygonal formations. At that period only easily traced layers of initially ground veins (Fig. 3-6), the precursors of polygonal ice wedges, were forming in the alluvial mass during the progressive climate cooling. The temperature of rocks formations increased and exceeded the threshold for polygonal ice wedges formation in the terminal phase of the Pleistocene, i.e. at the end of MIS-2, when the polygonal ice, common for the cold Sartanian period (MIS-2), were thawing and getting replaced by pseudomorphs underneath.

In this regard, it is interesting to learn about the data from the recently published work by E.A. Slagoda et al. (2022), who described a core of small diameter (5 cm) taken from a 9-meter-deep well in the alluvial deposits in the lower reaches of the interfluve of the Pur and Taz Rivers, near the bank of the Taz Estuary. Judging by the data of this research (Slagoda et al., 2022), the samples of plant detritus were taken at a depth of 5.2 m and 7.7 m. The following radiocarbon dating (^{14}C), same as our research, determined the Karginian age (MIS-3) of the deposits, or rather their belonging to the first half of the Karginian period (Fig. 7). Moreover, the value of this radiocarbon dating (^{14}C) turned out to be very close to the age that we determined for the Sample 4 (Fig. 6) and the nearby profiles.

Both samples of plant detritus (Fig. 7) had *Drepanocladus* spp. mosses which are common in coniferous and mixed forests, shrub thickets, on rocks and boulders with the layer of humus and fine soil, on rotten trunks, stumps, deadwood, trees and protruding roots; and are sometimes found on moist humus soil. These are widespread species of arctic deserts, tundras and forests that require moist habitats. The mosses of the genus *Calliergon* spp. that were found at a depth of 7.7 m grow in sphagnum bogs or separately, and are also common for the waterlogged habitats.

Brachythecium spp. mosses, presented there as well, are common in the Arctic, often found in willow thickets and are widespread even today, for example, in Yakutia, where they grow on soil and rocky outcrops in alder thickets and thin larch forests, once again preferring wet habitats. In other words, these mosses choose cold and wet bogs, river floodplains and wet soils, characterizing cool and humid climatic conditions, which is consistent with the aforementioned characteristics of spore-pollen spectra from Karginian deposits (MIS-3).

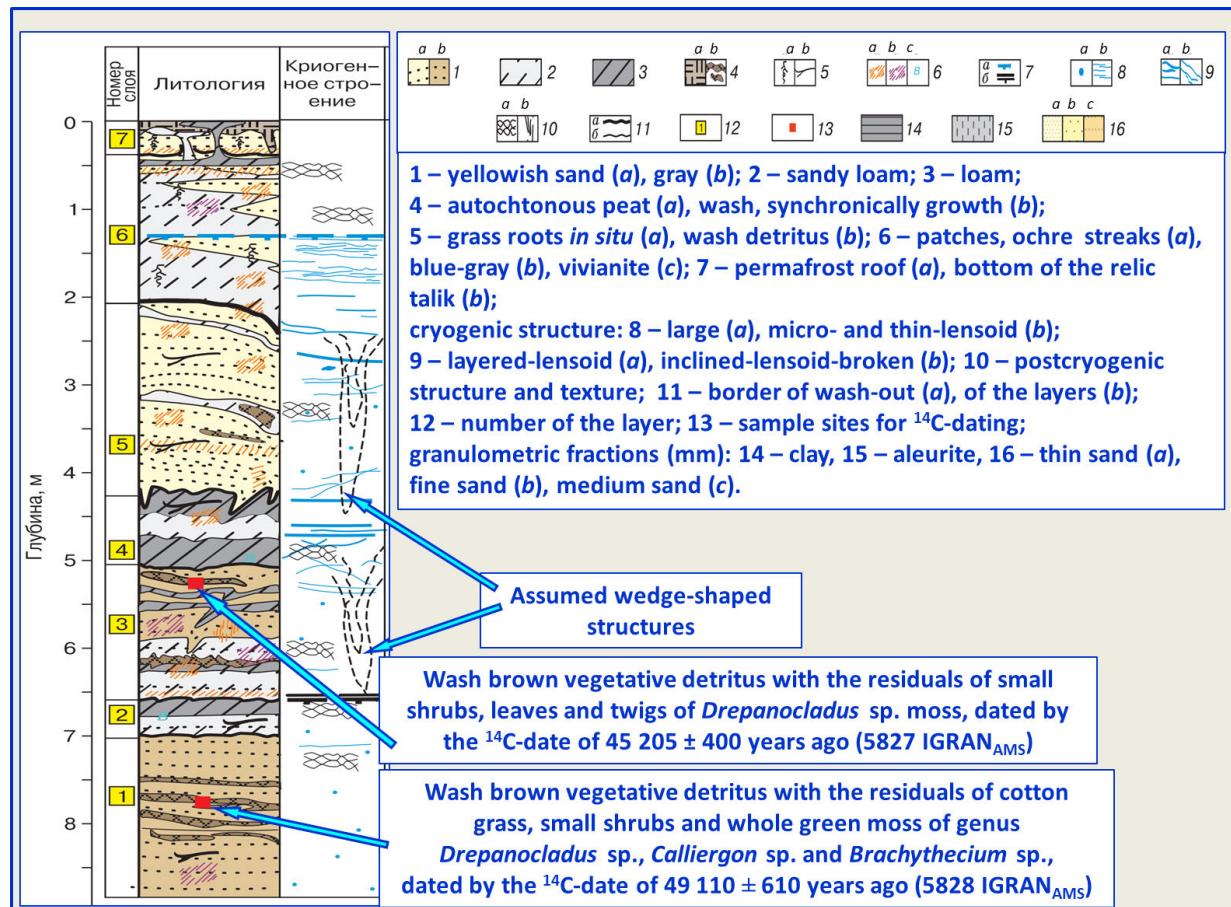


Fig. 7. Core depiction of 9-meter-deep borehole at the interfluve of the Pur and Taz Rivers (After Slagoda et al., 2022, with additions made by the authors of this article).

On the other hand, E.A. Slagoda et al. (2022), using individual indirect data obtained from the core of small diameter (5 cm), made an assumption about the possible fixation of two layers of wedge structures (Fig. 7), determined as pseudomorphs along the former polygonal ice wedges. However, polygonal ice wedges are specific for the low-temperature permafrost zone. According to N.N. Romanovsky (1977), such wedges form in sands, as noted above, when the temperatures of the permafrost rocks are from -5°C to -6°C , and are typical in the studied region only for the Sartanian cryochron (MIS-2) instead of the Karginian thermochron (MIS-3). As evidenced by paleobotanical data and paleoclimatic records, MIS-3 was enough cold, but not so cold for the low-temperature permafrost zone to form and ensure the formation of polygonal ice wedges in the sands. The development of a cryolithozone with these indicators is not consistent with the cryolithogenic conditions of the Karginian time (MIS-3). Besides, individual indirect data obtained from small-diameter cores are not enough to reconstruct the polygonal ice wedges. We believe that for this the representative, fully represented structures are required, reflected in the deposit structure of the

profiles, i.e. similar to the method described above in this article.

As for the reconstruction of the wedge structures mentioned by E.A. Slagoda et al. (2022), it would be more plausible to assume that they formed as the initially ground wedges. Those ground wedges are the same wedge structures of the same genesis as polygonal ice wedges, forming along the polygons of frost-shattered cracks, they are also accompanied by the development of ice wedges, which, however, are small and seasonal only, although sometimes lasting until the next season. Over the course of a progressively climate cooling, these forms play the role of the precursors of the polygonal ice wedges, reflecting the instances of less cold conditions. As shown above, they are widely common in the study area in the Karginian deposits (MIS-3) throughout the entire frozen mass, located at different depths and often forming complex many-tier systems. The location and dimension of the initially ground wedges that we studied match the assumed wedge structures in Figure 7.

Conclusions

From the paleoecological point of view it is obvious that the polygonal ice wedges and cryohydromorphic soils were a typical phenomenon during the Quaternary cryochrons in the north of West Siberia, which confirms the non-glaciated development of this region under conditions that were close to those during MIS-3 and MIS-2. They indicate ecosystems of tundra or tundra-steppe, which, in its turn, can be supported by the data obtained from the spore-pollen analysis. Considering the shortage of soil moisture in the seasonally thawing layer and the extremely weak vegetation cover, the existence of a glacial sheet or a supercold and hyperarid desert in the Quaternary in this area seems impossible.

The authors of this article think that the described scenario may also be suitable for earlier cryochrons of the Middle and Early Pleistocene. Therefore, in the future it will be necessary to look for older paleoecological records that cover said cryochrons, since we believe that cryogenic and pedogenic fossils found in them will be of key importance.

Funding. This research was funded for the State Assignments No. 121041600042-7 of the Earth Cryosphere Institute of the Tyumen Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences “Researching the Ways of Formation, Structure and Variability, and Forecasting of the Cryosphere Condition, Including Permafrost and Cryogenic Landscapes”; No. 121042000078-9 of the Tyumen Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences “Development of Methodological Foundations for Interdisciplinary Studies of the Role of the Cryosphere in the Evolution of Substantial and Energetic Interactions on the Earth’s Surface, in the Life Support Mechanisms of the Biosphere and the Ecological Aspects of Human Life. Assessing and Forecasting the Changes in Cryogenic Landscapes and Ecosystems in the North Part of West Siberia under the Influence of Natural and Anthropogenic Factors”; No. 0284-2021-0003 of the A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences “Spatio-Temporal Ecosystems and Climate Variability in Eastern Siberia during the Late Pleistocene-Holocene”.

REFERENCES

1. Abramov AA, Sletten RS, Rivkina EM, Gilichinskiy D. Geocryological conditions of Antarctica [Geokriologicheskiye usloviya Antarktidy] *Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]*. 2011;XV (3):3-19.
2. Galanin AA. Late Quaternary sand covers of Central Yakutia (Eastern Siberia): structure, facies composition and paleoecological significance

REFERENCES

1. Абрамов А.А., Слёттен Р.С., Ривкина Е.М., Гиличинский Д.А. 2011/ Геокриологические условия Антарктиды // Криосфера Земли. Т. XV. № 3. С. 3-19.
2. Галанин А.А. 2021. Позднечетвертичные песчаные покровы Центральной Якутии (Восточная Сибирь): строение, фациальный состав и палеоэкологическое значение //

- [Pozdnechetvertichnyye peschanyye pokrovы Tsentral'noy Yakutii (Vostochnaya Sibir'): stroyeniye, fatsial'nyy sostav i paleoekologicheskoye znachenije] *Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]*. 2021;XXV (1):3-34.
3. Goryachkin SV, Mergelov NS, Targulyan VO. Extreme Pedology: Elements of Theory and Methodological Approaches. *Soil Science*. 2019;52 (1):1-13.
 4. Derevyagin AYu, Kunitsky VV, Mayer H. Sand-ice veins in the extreme north of Yakutia [Peschano-ledyanyye zhily na kraynem severe Yakutii] *Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]*. 2007;XI (1):62-71.
 5. Zykina VS, Zykina VS, Volvakh AO, Ovchinnikov IYu, Sizov OS, Soromotin AV. Structure, cryogenic formations and formation conditions of the Upper Quaternary deposits of the Nadym Ob region [Stroyeniye, kriogennyye obrazovaniya i usloviya formirovaniya verkhnechetvertichnykh otlozheniy Nadymskogo Priob'ya] *Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]*. 2017;XXI (6):14-25.
 6. Popov AI, Rosenbaum GE, Tumel NV. Cryolithology [Kriolitologiya]. Moscow: MGU, 1985:240.
 7. Romanovsky NN. Formation of polygonal-vein structures [Formirovaniye poligonal'no-zhil'nykh struktur]. Novosibirsk: Nauka, 1977:215.
 8. Slagoda EA, Novoselov AA, Koroleva ES, Kuznetsova AO, Butakov VI, Tikhonravova YaV, Zazovskaya EP. Traces of cryogenic processes in the Late Pleistocene deposits of the Pur-Taz interfluve of West Siberia [Sledy kriogenykh protsessov v pozdneneopleystotsenovykh otlozheniyakh Pur-Tazovskogo mezhdurech'ya Zapadnoy Sibiri] *Cryosphere of the Earth [Kriosfera zemli]*. 2022;XXVI (1):21-35.
 9. Targulyan VO. Soil formation and weathering in cold humid areas [Pochvoobrazovaniye i vyvetrivaniye v kholodnykh guminidnykh oblastyakh]. Moscow: Nauka, 1971:270.
 10. Sheinkman VS, Melnikov VP, Sedov SN, Parmachev VP. New evidence of extraglacial development in the north of the West Siberian Lowland [Novyye svidetel'stva vnelednikovogo razvitiya severa Zapadno-Sibirskoy nizmennosti] *DAN*. 2017;477 (4):480-484.
 11. Sheinkman VS, Melnikov VP. Evolution of ideas about cold and possible ways of their development in the Earth sciences [Evolyutsiya predstavleniy o kholode i vozmozhnyye puti ikh razvitiya v naukakh o Zemle] *Cryosphere of the Earth*
 12. Криосфера Земли. Т. XXV. № 1. С. 3-34.
 3. Горячkin C.B., Мергелов H.C., Таргульян B.O. 2019. Генезис и география почв экстремальных условий: элементы теории и методические подходы // Почвоведение. № 1. С. 5-19.
 4. Деревягин A.YU., Куницкий B.B., Майер X. 2007. Песчано-ледяные жилы на крайнем севере Якутии // Криосфера Земли. Т. XI. № 1. С. 62-71.
 5. Зыкина В.С., Зыкин В.С., Вольвах А.О., Овчинников И.Ю., Сизов О.С., Соромотин А.В. 2017. Строение, криогенные образования и условия формирования верхнечетвертичных отложений Надымского Приобья // Криосфера Земли. Т. XXI. № 6. С. 14-25.
 6. Попов А.И., Розенбаум Г.Э., Тумель Н.В. 1985. Криолитология. М.: МГУ. 240 с.
 7. Романовский Н.Н. 1977. Формирование полигонально-жильных структур. Новосибирск: Наука. 215 с.
 8. Слагода Е.А., Новосёлов А.А., Королева Е.С., Кузнецова А.О., Бутаков В.И., Тихонравова Я.В., Зазовская Э.П. 2022. Следы криогенных процессов в поздненеоплейстоценовых отложениях Пур-Тазовского междуречья Западной Сибири // Криосфера Земли. Т. XXVI. № 1. С. 21-35.
 9. Таргульян B.O. 1971. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука. 270 с.
 10. Шейнкман B.C., Мельников В.П., Седов С.Н., Парначев В.П. 2017. Новые свидетельства внеледникового развития севера Западно-Сибирской низменности // ДАН. Т. 477. № 4. С. 480-484.
 11. Шейнкман B.C., Мельников В.П. 2019. Эволюция представлений о холоде и возможные пути их развития в науках о Земле // Криосфера Земли. Т. XXIII. № 5. С. 3-16.
 12. Шейнкман B.C., Мельников В.П., Парначев В.П. 2020. Анализ криогенных и тектонических процессов на севере Западной Сибири в плейстоцене с позиций криогегеротопии // Доклады РАН. Науки о Земле. Т. 494. № 1. С. 82-86.
 13. Lisiecki L.E., Raymo M.E. 2005. A Pliocene-Pleistocene Stack of 57 Globally Distributed Benthic $\delta^{18}\text{O}$ Records // Paleoceanography. Vol. 20. P. PA 1003.

- [*Kriosfera zemli*]. 2019;XXIII (5):3-16.
12. Sheinkman VS, Melnikov VP, Parnachev VP. Analysis of cryogenic and tectonic processes in the north of West Siberia in the Pleistocene from the standpoint of cryoheterotopy [Analiz kriogenykh i tektonicheskikh protsessov na severe Zapadnoy Sibiri v pleystotsene s pozitsiy kriogeterotopii] Reports of the Russian Academy of Sciences [Doklady RAN] Earth Sciences [Nauki o zemle]. 2020;494 (1):82-86.
 13. Lisiecki LE, Raymo ME. A Pliocene-Pleistocene Stack of 57 Globally Distributed Benthic $\delta^{18}\text{O}$ Records. *Paleoceanography*. 2005;20:PA 1003.
 14. Péwé TL. Sand-wedge Polygons (Tesselations) in the McMurdo Sound Region, Antarctica – Progress Report. *American Journal of Science*. 1959;257 (8):545-552.
 15. Sedov S, Sheinkman V, Bezrukova E, Zazovskaya E, Yurtaev A. Sartanian (MIS-2) Ice Wedge Pseudomorphs with Hydromorphic Pedodeposits in the North of West Siberia as an Indicator for Paleoenvironmental Reconstruction and Stratigraphic Correlation. *Quaternary International*. 2022;632:192-205.
 16. Sheinkman V, Sedov S, Shumilovskikh S, Korkina E, Korkin S, Zinovyev E, Golyeva A. First Results from the Late Pleistocene Paleosols in Northern Western Siberia: Implications for Pedogenesis and Landscape Evolution at the End of MIS-3. *Quaternary International*. 2016;418:132-146.
 17. Sheinkman V, Sedov S, Shumilovskikh L, Bezrukova E, Dobrynin D, Timireva S, Rusakov A, Maksimov F. A Multiproxy Record of Sedimentation, Pedogenesis, and Environmental History in the North of West Siberia during the Late Pleistocene Based on the Belya Gora Section. *Quaternary Research*. 2021;99:204-222.
 18. Sheinkman V, Sharapov D, Sedov S. Northwest Siberia as a MIS-2 Desert? Inferences from Quartz Morphoscropy and Polygonal Ice Wedges. *Quaternary International*. 2022;620:46-47.
 19. Svendsen JI, Krüger LC, Mangerud J, Young NE. Glacial and Vegetation History of the Polar Ural Mountains in Northern Russia During the Last Ice Age, Marine Isotope Stages 5-2. *Quaternary Science Review*. 2014;92:409-428.
 20. Velichko AA, Timireva SN, Kremenetski KV, MacDonald GM, Smith LC. West Siberian Plain as a Late Glacial Desert. *Quaternary International*. 2011;237:45-53.
 21. WFO. The World Flora Online. 2022, Available at www.worldfloraonline.org (Date of Access 10/10/2022).
 14. Péwé T.L. 1959. Sand-wedge Polygons (Tesselations) in the McMurdo Sound Region, Antarctica – Progress Report // American Journal of Science. Vol. 257. No. 8. P. 545-552.
 15. Sedov S., Sheinkman V., Bezrukova E., Zazovskaya E., Yurtaev A. 2022. Sartanian (MIS-2) Ice Wedge Pseudomorphs with Hydromorphic Pedodeposits in the North of West Siberia as an Indicator for Paleoenvironmental Reconstruction and Stratigraphic Correlation // Quaternary International. Vol. 632. P. 192-205.
 16. Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh S., Korkina E., Korkin S., Zinovyev E., Golyeva A. 2016. First Results from the Late Pleistocene Paleosols in Northern Western Siberia: Implications for Pedogenesis and Landscape Evolution at the End of MIS-3 // Quaternary International. Vol. 418. P. 132-146.
 17. Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh L., Bezrukova E., Dobrynin D., Timireva S., Rusakov A., Maksimov F. 2021. A Multiproxy Record of Sedimentation, Pedogenesis, and Environmental History in the North of West Siberia during the late Pleistocene Based on the Belya Gora Section // Quaternary Research. Vol. 99. P. 204-222.
 18. Sheinkman V., Sharapov D., Sedov S. 2022. Northwest Siberia as a MIS-2 Desert? Inferences from Quartz Morphoscropy and Polygonal Ice Wedges // Quaternary International. Vol. 620. P. 46-47.
 19. Svendsen J.I., Krüger L.C., Mangerud J., Young N.E. 2014. Glacial and Vegetation History of the Polar Ural Mountains in Northern Russia during the Last Ice Age, Marine Isotope Stages 5-2 // Quaternary Science Review. Vol. 92. P. 409-428.
 20. Velichko A.A., Timireva S.N., Kremenetski K.V., MacDonald G.M., Smith L.C. 2011. West Siberian Plain as a Late Glacial Desert // Quaternary International. No. 237. P. 45-53.
 21. WFO. The World Flora Online. 2022 [Электронный ресурс www.worldfloraonline.org (дата обращения 10.10.2022)].

УДК 551.34 + 551.24

ПАЛЕОЭКОЛОГИЯ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ПОСЛЕДНЮЮ ХОЛОДНУЮ ЭПОХУ ПЛЕЙСТОЦЕНА: НОВЫЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА И СЦЕНАРИИ

© 2022 г. В.С. Шейнкман*, **, ***, С.Н. Седов*, **, ***, Е.В. Безрукова****

*Институт криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН
Россия, 625026, г. Тюмень, ул. Малыгина, д. 86. E-mail: vlad.sheinkman@mail.ru

**Тюменский государственный университет
Россия, 625003, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 6. E-mail: serg_sedov@yahoo.com

***Тюменский индустриальный университет
Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 36.

****Институт геологии Национального автономного университета Мексики
Мексика, C.P.04510, г. Мехико, Университетский городок, Дель. Коюакан

*****Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения РАН
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, д. 1а. E-mail: bezrukova@igc.irk.ru

Поступила в редакцию 01.12.2022. После доработки 10.12.2022. Принята к публикации 15.12.2022.

Представлены материалы о палеокриологических, палеопочвенных и палеоботанических индикаторах развития экосистем на территории севера Западносибирской низменности в квартере. Приведены данные о широком распространении в данном регионе полигонально-жильных структур, представленных псевдоморфозами по полигонально-жильному льду и изначально-грунтовыми жилами. Первые образовались в терминальную фазу плейстоцена в конце морской изотопной стадии-2 (МИС), будучи наследниками эпигенетических полигонально-жильных льдов, которые в сартанско время (МИС-2) рассекли толщу каргинского (МИС-3), аллювия, тогда как вторые формировались на протяжении времени МИС-3 в синклиогенных отложениях аллювия. В заполнениях псевдоморфоз обнаружен переотложенный материал криогидроморфных палеопочв, включая фрагменты гумусовых горизонтов, использованных для радиоуглеродного (^{14}C) датирования. Спорово-пыльцевые спектры из этих заполнений указывают на преобладание растительности заболоченных тундр и тундро-степей. Совокупность полученных данных ставит под сомнение гипотезу о преобладании на исследованной территории холодных пустынь и ледниковых щитов и указывает на существование развитого растительного покрова при достаточном и местами избыточном увлажнении почв из-за близкого залегания кровли многолетней мерзлоты. Также обосновывается вывод о внеледниковом развитии региона в более древние криохроны, подобные тому, что имел место во время МИС-2.

Ключевые слова: криолитозона, палеокриогенез, полигонально-жильные структуры, палеоэкология севера Западной Сибири, спорово-пыльцевые спектры, плейстоценовые палеопочвы, псевдоморфозы по полигонально-жильному льду.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке по госзаданиям № 121041600042-7 Института криосферы Земли СО РАН «Изучение формирования, структуры, изменчивости и прогнозирование состояния криосферы, в том числе многолетнемерзлых толщ и криогенных ландшафтов», № 121042000078-9 Тюменского научного центра СО РАН «Разработка методологических основ для междисциплинарных исследований роли криосферы в эволюции вещественно-энергетических взаимодействий на поверхности Земли, механизмах жизнеобеспечения в биосфере и экологических аспектах жизнедеятельности человека. Оценка и прогноз изменения криогенных ландшафтов и экосистем севера Западной Сибири под влиянием природных и антропогенных факторов», и № 0284-2021-0003 Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН «Пространственно-временная изменчивость экосистем и климата Восточной Сибири в позднем плейстоцене-голоцене».

DOI: 10.24412/2542-2006-2022-4-89-104

EDN: HRMOLP