

# Евразийский Союз Ученых. Серия: междисциплинарный

Ежемесячный научный журнал

№ 10 (108)/2023 Том 1

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Макаровский Денис Анатольевич**

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

• **Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

• **Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

• **Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

• **Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

• **Карпенко Юрий Дмитриевич**

AuthorID: 338912

Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью ФМБА, Лаборатория эколого-гигиенической оценки отходов (Москва), доктор биологических наук.

• **Ильясов Олег Рашитович**

AuthorID: 331592

Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра техносферной безопасности (Екатеринбург), доктор биологических наук

• **Глазунов Николай Геннадьевич**

AuthorID: 297931

Самарский государственный социально-педагогический университет, кафедра философии, истории и теории мировой культуры (Москва), кандидат философских наук

• **Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович  
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:  
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А  
E-mail: [info@euroasia-science.ru](mailto:info@euroasia-science.ru) ;  
[www.euroasia-science.ru](http://www.euroasia-science.ru)

Учредитель и издатель ООО «Логика+»  
Тираж 1000 экз.

# СОДЕРЖАНИЕ

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

*Климовский А.И., Климовская Т.Ф.*

НОВЫЕ УНИКАЛЬНЫЕ НАХОДКИ ШЕРСТИСТЫХ МАМОНТОВ (MAMMUTHUS PRIMIGENIUS), НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)..... 4

*Романюк В.А., Шумилов И.В., Ващенко Д.А.*

ОБЗОР МЕТОДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СОДЕРЖАНИЕМ АТМОСФЕРНОГО CO<sub>2</sub> ..... 8

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

*Аканова Н.И., Холомьева Л.Н.*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА ПОД ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ..... 15

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

УДК 562\569

## НОВЫЕ УНИКАЛЬНЫЕ НАХОДКИ ШЕРСТИСТЫХ МАМОНТОВ (MAMMUTHUS PRIMIGENIUS), НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ).

*Климовский А.И., Климовская Т.Ф.**Академия наук Республики Саха (Якутия) ОИМФ, г. Якутск.*

## NEW UNIQUE FINDS OF WOOLLY MAMMOTHS (MAMMUTHUS PRIMIGENIUS), ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA).

*Klimovsky A.I., Klimovskaya T.F.**Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia) OIMF,**Yakutsk*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.7.108.1909

Приведены предварительные описания новых редчайших находок замороженных останков шерстистых мамонтов ледникового периода, обнаруженных в 2021-2022 гг. на территории арктической части Якутии (Абыйской низменности).

Preliminary descriptions of new rare finds of frozen remains of woolly mammoths of the Ice Age discovered in 2021-2022 on the territory of the Arctic part of Yakutia (Abyyskaya lowland) are given.

**Ключевые слова:** мамонтовая фауна, поздний плейстоцен, шерстистый мамонт, р. Индигирка, анатомо-морфологические методы.

**Keywords:** mammoth fauna, late Pleistocene, woolly mammoth, Indigirka river, anatomical and morphological methods.

Шерстистый мамонт (*Mammuthus primigenius*) один из самых удивительных и важных видов млекопитающих в истории Земли, а также один из немногих вымерших видов животных, о внешнем облике и строении тела которого имеются надежные и достоверные информации. Ископаемые останки мамонтов были известны достаточно давно. Еще древние греки обратили внимание на очень крупные черепа с одним отверстием ниже лба, которые встречались на островах Средиземного моря [1]. В истории России наиболее раннее появление этого вида зафиксировано еще в 1720 г. указом царя Петра I по поиску полного скелета мамонта. И первая статья о мамонте в России была опубликована в 1725 г. В.Н. Татищевым на основе изучения бивней и костей скелета с р. Индигирки [2].

В настоящее время имеется достаточное количество свидетельств уникальных трупных останков мамонтов на территории Якутии: мамонт Адамса (Ленский мамонт) найден в 1799 г. у восточной части дельты р. Лена. Индивидуальный возраст особи составлял около 65–70 лет, а абсолютный – 35 800 лет. [3; 4; 5; 6].

Берёзовский мамонт найден в 1900 г. на берегу р. Березовка, практически цельная туша, лишь частично повреждена хищниками. Взрослый мамонт, индивидуальный возраст особи составлял около 50 лет, абсолютный – 44 000 лет [7].

Ляховский мамонт найден в 1906 г. на дне ручья в долине р. Этериканка, на северо-востоке о. Большой Ляховский. Нашли все конечности, отдельные куски кожи и мяса [8; 9].

Тирехтяхский мамонт найден в 1970 г. на берегу р. Тирехтях, в 47 км к востоку от пос. Белая Гора. Нашли фрагмент передней ноги с кожным покровом и частью подошвы. Старый самец с абсолютным возрастом по кости черепа  $44\ 540 \pm 1870$  лет, по образцу кожи  $35\ 830 \pm 630$  лет, 32 200 лет [10].

Шандринский мамонт найден в 1971 г. на правом берегу р. Шандрин в 100 км от пос. Чокурдах. Полный скелет, замороженный ком внутренностей и остатки шерсти около трубчатых костей передних ног. Индивидуальный возраст около 60–65 лет, абсолютный возраст, полученный в Ленинграде, равен  $41\ 170 \pm 1290$  лет [11].

Максунуохский мамонт найден в 1994 г. на берегу р. Максунуоха, в 68 км к востоку от пос. Юкагир. Найдены часть черепа с бивнями, три конечности с кожей и мясом, тазовая, бедренная и другие кости. Абсолютный возраст по одной из костей ног составляет больше 38 500 лет (ГИН12720) [12].

Мамонтенок Юка обнаружен в 2010 г. в береговом обрыве моря Лаптевых, в местности Ойгосский яр, в 30 км от устья р. Кондратьево. Туша сохранилась хорошо, головной мозг мамонтенка был законсервирован и извлечен. Индивидуальный возраст особи составлял около 6–11 лет, геологический – 34 300 (+260,-240) лет (GrA53289) [13; 14; 15].

Малоляховский мамонт найден в 2012 г. на северо-западе о. Малый Ляховский в 200 м от морского побережья. Обнаружили часть головы, целый хобот, области шеи и брюха, все передние конечности и дистальную половину правой задней

конечности. Индивидуальный возраст около 50–60 лет, геологический возраст по бедренной кости  $29\ 300 \pm 1000$  лет, [16].

За последние 2 года изучения района исследования (Абыйская низменность), нами были найдены 2 новые редчайшие находки замороженных останков шерстистых мамонтов (*Mammuthus pr*) с сохранившимися мягкими тканями и шерстью. Находки обнаружены на среднем течении в правой стороне реки Индигирка, в 40 – 30 км друг от друга (Рис.1). В июне 2021 г к

востоку в 43 км по прямой от поселка Белая Гора, на левом берегу реки Огороха, были обнаружены замороженные останки мамонта. В июле 2022 г в правом берегу реки Бадяриха в местности «Дэгдэ» были найдены замороженные останки самки шерстистого мамонта.

Таким образом, наши новые находки в виде фрагментированных останков представляют значительный интерес и являются существенным дополнением к уже известным данным об шерстистых мамонтах Евразии.

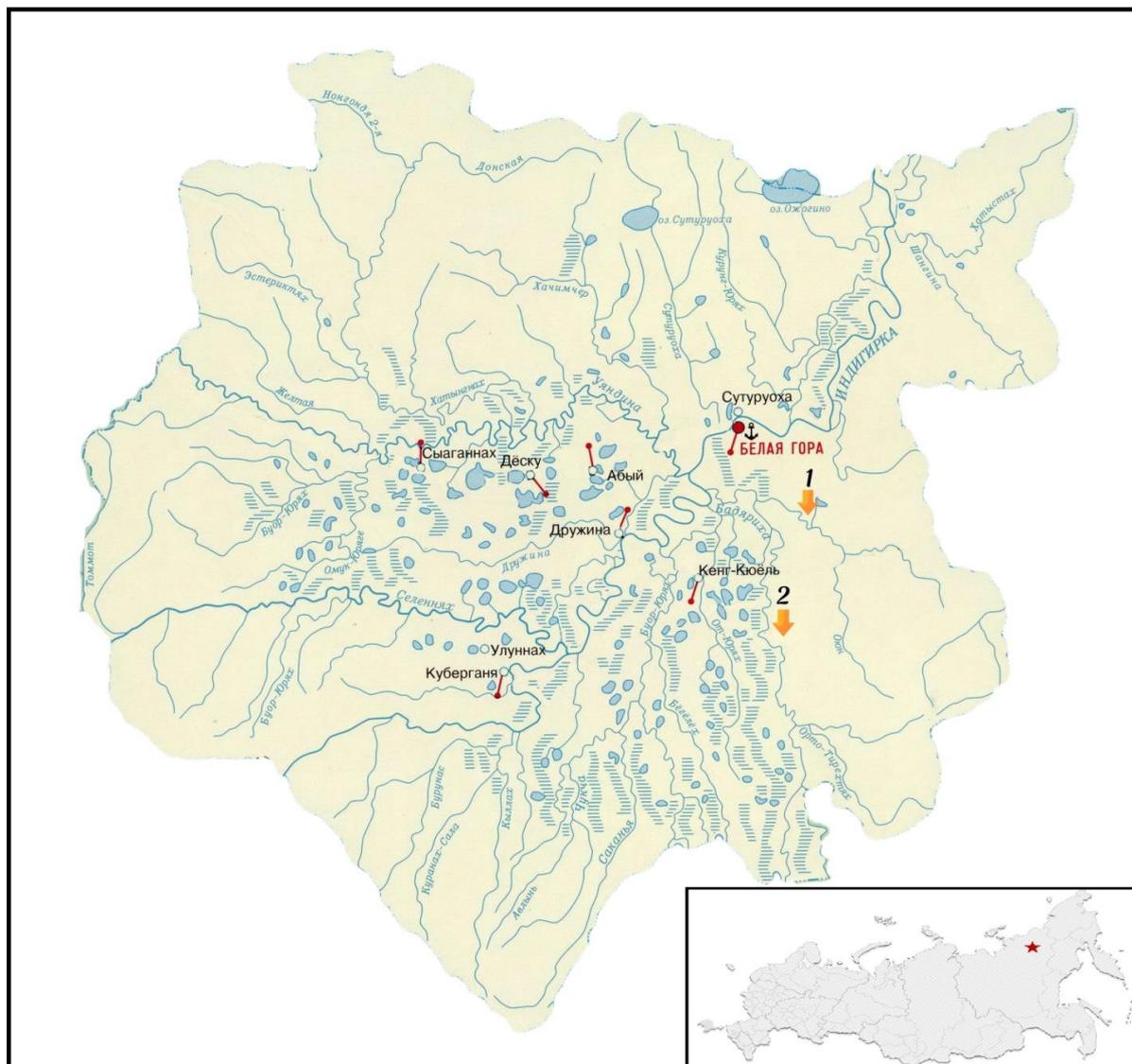


Рис. 1. Карта Абыйского района с новыми точками места нахождения замороженных останков шерстистых мамонтов (*Mammuthus pr*). Новые находки; 1 – Ог/21/4 (Местность «База 1» р. Огороха). 2 – БдДэ/22/1 (Местность «Дэгдэ» р. Бадяриха).

**Аббревиатуры организаций и институтов:**  
ОИМФ АН РС (Якутия) – Отдел изучения мамонтовой фауны Академия наук Республики Саха (Якутия).

**Материал и местонахождения.**

Полевой номер Ог/21/4 – замороженные фрагменты с мягкими тканями мамонта, найденные на левом берегу реки Огороха (правый приток реки Бадяриха).

Полевой номер БдДэ/22/1 – замороженная фрагментированная туша мамонта, найденная на правом берегу верхьях реки Бадяриха, точнее на старице с названием «Хаахынайдыр» куда впадает ручей «Дэгдэ».

**Методика.** Для изучения останков мамонтов использовались классические палеонтологические и зоологические методы измерения крупных млекопитающих. Были исследованы новые останки мамонтов с мягкими тканями, найденных на

территории Якутии за последние 2 года и изучены их морфологические особенности. Кроме того, для сравнения были проанализированы доступные литературные данные по размерам и индивидуальному возрасту близкие к изучаемым.

#### Систематическая часть

Семейство Elephantidae - Слоновые

Род *Mammuthus*- мамонты

***Mammuthus primigenius* – шерстистый мамонт.**

#### Описание.

Останки мамонта с полевым номером Ог/21/4 обнаружены на глубине примерно 7-8 м от поверхности в лессовидной суглинке и 550 м от берега реки. Сохранились лоскуты кожи спинной и задней части тела с бедренной костью (общая длина кожи 2,2 м, ширина 1,5 м). Сохранилась также стопа с мягкими тканями передней левой конечности с фалангами пальцев. Имеется кожный покров с небольшими участками шерсти желтого цвета, 5 ногтей сильно стерлись. Длина сохранившейся конечности – 50 см; диаметр стопы: ширина – 39 см, длина – 46 см; вес – 30 кг. Бивни были изъяты местными жителями (тонкие и длинные; вес 32 кг длина 1,54 м). В соответствии с размерами стоп и бивней нами предположено, что мамонт являлся особью женского пола и имел средние размеры (рис. 2).

Останки мамонта с полевым номером БдДэ/22/1 обнаружены на глубине примерно 5-6 м от поверхности (в суглинке). Мамонт найден лежащим на правой стороне, на которой сохранены мягкие ткани, левая сторона полностью скелетирована, внутренности отсутствуют. Многие кости имеют следы погрызов, кожа сильно разорвана, хобот поврежден (разорван), сохранились правое ухо, хвост и лицевая часть с языком. Конечности и голова были срезаны местными жителями для транспортировки (рис. 3). Общая длина зубного ряда – 208 мм, макс ширина – 76 мм, число пластин на М2 – 11 шт., на сменяющей М3 – 7 шт., расстояние между пластинами – 6,1 мм (Рис. 3Е). Общая длина передней конечности 1,84 м, ширина стопы 42 см, длина 53 см. Общая длина задней конечности – 1,85 м. Диаметр альвеолы выс/шир – 130,3/134,3 мм. В лицевой части сохранились глаза с тяжелыми веками, часть носовой части. Нижняя челюсть была оторвана вместе с языком. Бивни были небольшого размера по 26 кг каждая, с глубокими пульпами. В соответствии со сменяющимися верхними зубами на М3 и характерными бивнями мамонт определили половозрелой самкой, примерно 30 – 40 лет.



Рис. 2. Ог/21/4 останки шерстистого мамонта (*Mammuthus primigenius*); А – кожный покров с бедренной костью. Б – Передняя стопа.

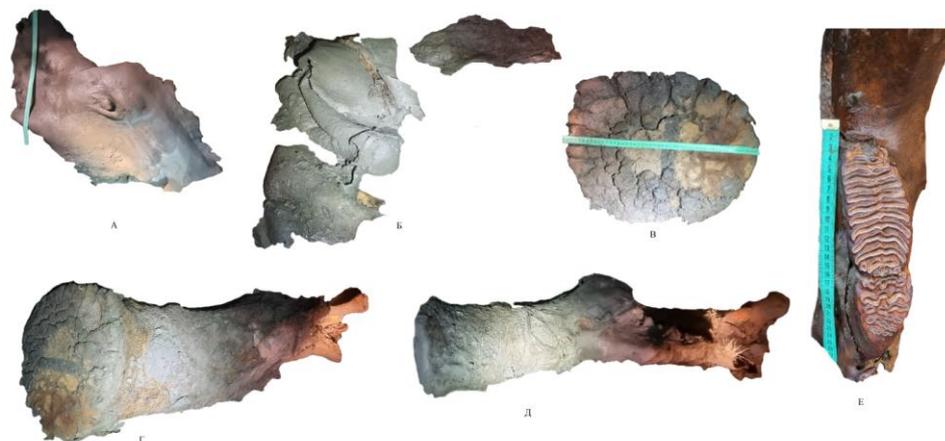


Рис. 3. БдДэ/22/1 фрагменты от туши шерстистого мамонта (*Mammuthus primigenius*); А – правая лицевая часть. Б – фрагмент кожи правой стороны. В – стопа передней ноги. Г – правая передняя конечность. Д – Правая задняя конечность. Е – Верхние коренные зубы.

**Сравнение.** Площадь опоры тела имеет для животных важнейшее приспособленческое значение. Она определяет особенности передвижения по поверхности грунта и непосредственно связана с условиями обитания (Боескоров и др., 2007). Ранее авторы (Верещагин, Тихонов, 1990) в своих работах заметили, что

подшвы ног мамонтов отличались крупными размерами, они связывали это, как приспособление для передвижения по снегу и вязким грунтам. На передних ногах подошва у взрослых особей, например у Хатангского мамонта (табл. 1) достигала в длину и ширину 44х40 см (Боескоров 2021).

Таблица 1.

**Размеры подошв передних ног шерстистых мамонтов (*Mammuthus pr.*).**

Промеры подошв	Хатангский мамонт *	Юкагирский мамонт *	Ог/21/4	БдДэ/22/1
Длина в см	44	42	46	53
Ширина в см	40	50	39	42
Индивидуальный возраст	55 - 60 лет**	50 лет**	~ 30 - 40 лет	~ 30 - 40 лет
Пол	♂	♂	♀	♀

(\* Боескоров и др 2007; \*\* Боескоров 2021).

У мамонтов как и у большинства крупных млекопитающих имелся ярко выраженный половой диморфизм, т.е самцы были заметно крупнее самок. Как мы видим подошвы передней ноги у найденных нами самок не сильно отличаются размерами от подошв пожилых самцов, Хатангский мамонт 55-60 лет, Юкагирский мамонт 50 лет (Боескоров 2021). Возможно, это связано с тем, что самкам за период жизни нужно было выдерживать большие нагрузки, половые акты с крупными самцами, самая продолжительная беременность (если провести аналогию со слонами) длится от 18 до 21,5 месяца. И возможно большая площадь стоп облегчало им жизнь, позволяя делать относительно небольшую нагрузку на площадь опоры.

#### Заклучение

Наши новые находки позволяют провести морфологические исследования и изучать приспособления шерстистого мамонта к условиям существования позднего плейстоцена. Мамонт (*M. primigenius*) обладал наборами комплексов специфических анатомо-морфологических адаптаций, позволивших в течение длительного времени не только выживать в суровых условиях, но и широко распространиться по территории северной Голарктики.

#### Список литературы.

1. Агаджян А.К. Отряд Proboscidea: страницы истории // Палеонтологический Институт РАН 2003 г. С. 97-109.
2. Тихонов А.Н. Мамонт (Серия «Разнообразных животных» Вып. 3). Москва – Санкт Петербург: Т-во научных изданий КМК. 2005. С.90.
3. Верещагин Н. К. Почему вымерли мамонты. Ленинград : Наука, 1979. 189 с. Верещагин Н. К., Барышников Г. Ф. Вымирание млекопитающих в четвертичном периоде Северной Евразии // Труды ЗИН. 1985. Т. 131. С. 3–38.
4. Верещагин Н. К., Тихонов А. Н. Экстерьер мамонта. Якутск : Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1990. 80 с.

5. Лазарев П. А. Крупные млекопитающие антропогена Якутии. Новосибирск : Наука, 2008. 160 с.

6. Боескоров Г. Г., Машенко Е. Н., Плотников В. В., Щелчкова М. В., Протопопов А. В., Соломонов Н. Г. Адаптации шерстистого мамонта *Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799) к условиям обитания в ледниковом периоде // Сибирский экологический журнал. 2016. № 5. С. 661–672.

7. Томская А. И. Кормовая база мамонта в позднем плейстоцене Якутии. Якутск : Академия наук РС(Я), Институт прикладной экологии Севера, Музей мамонта. 2000. 59 с.

8. Протодьяконов К. Е., Григорьев С. Е. Уникальные находки млекопитающих ледникового периода на территории Якутии за первые десятилетия 21 века // Наука и мир. 2014. Т. 1, № 6 (10). С. 42–49.

9. Чепрасов М. Ю., Григорьев С. Е., Новгородов Г. П. Предварительные данные об уникальных находках млекопитающих мамонтовой фауны из коллекции Музея мамонта // Chişinău. 2016. С. 73–77.

10. Боескоров Г. Г. Размеры тела шерстистого мамонта *Mammuthus primigenius* (Blumenbach) второй // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2021. Т. 26, № 1. С. 38–48.

11. Лаухин С. А., Пушкарь В. С., Черепанова М. В. Опыт корреляции природных событий каргинского времени плейстоцена (аналоги МИС-3) от Приобья до Охотского моря // Бюллетень Московского Общества испытателей природы. Отд. Геол. 2015. № 2. С. 23–34.

12. Боескоров Г. Г., Протопопов А. В., Бакулина Н. Т., Лазарев П. А. Условия существования максунуохского мамонта // Наука и образование. 2006. № 2. С. 56–61.

13. Боескоров Г. Г., Машенко Е. Н., Белолубский И. Н., Томшин М. Д. Гости из ледникового периода // Наука из первых рук. 2012. № 2. С. 6–11.

14. Григорьев С. Е., Чепрасов М. Ю., Саввинов Г. Н., Тихонов А. Н., Новгородов Г. П., Федоров С. Е., Боескоров Г. Г., Протопопов А. В., Плотников В.

В., Белолюбский И. Н., Протодяконов К. Е., ван дер Плихт Й. Палеонтологические и археозоологические исследования в бассейне р. Яна // Вестник СВФУ. 2017. № 1 (57). С. 20–35.

15. Grigoriev S. E., Fisher C. D., Obada T., Shirley E. A., Rountrey A. N., Savvinov G. N., Garmaeva D. K., Novgorodov G. P., Cheprasov M. Yu., Vasilev S. E., Goncharov A. E., Masharskiy A., Egorova V. E., Petrova P. P., Egorova E. E., Akhremenko Ya. A., Johannes van der Plicht, Galanin A. A., Fedorov S. E., Ivanov E. V., Tikhonov A. N. A woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) carcass from Maly Lyakhovsky Island (New Siberian Islands, Russian Federation) // Quaternary International XXX. 2017. P. 1–15.

16. Галанин А. А., Дьячковский А. П., Лыткин В. М., Бурнашева М. П., Шапошников Г. И., Куть А. А. Результаты определения абсолютного возраста образцов в радиоуглеродной лаборатории Института мерзлотоведения СО РАН // Наука и образование. 2015. № 4. С. 45–49

17. Боескоров Г.Г., Тихонов А.Н., Сузуки Н. Юкагирский мамонт: / Министерство науки и профессионального образования Республики Саха (Якутия), Академия наук Республики Саха (Якутия), Институт прикладной экологии Севера АН РС(Я). – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет, 2007. – 251 с.

УДК 528.88

## ОБЗОР МЕТОДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СОДЕРЖАНИЕМ АТМОСФЕРНОГО СО<sub>2</sub>

*Романюк В.А., Шумилов И.В., Ващенко Д.А.  
Сахалинский государственный университет,  
Россия, 693000, г. Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290*

## OVERVIEW OF ATMOSPHERIC CO<sub>2</sub> OBSERVATION METHODS

*V.A. Romanyuk, I.V. Shumilov, D.A. Vashenko  
Sakhalin State University,  
Russia, 693000, Yuzhno-Sakhalinsk, st. Lenina, 290,  
DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.7.108.1909*

### АННОТАЦИЯ

В работе приведена историческая справка о начале регулярных инструментальных измерений CO<sub>2</sub> в 1950-х годах на удаленных станциях. Отмечено создание Глобальной сети мониторинга атмосферы ВМО, объединяющей на сегодняшний день около 100 наземных станций по всему миру. Подробно рассмотрены современные аналитические методы измерения CO<sub>2</sub>, такие как оптическая спектроскопия, хроматография, масс-спектрометрия. Отдельное внимание уделено анализу изотопного состава CO<sub>2</sub>. Значительная часть работы посвящена применению данных дистанционного зондирования с использованием специализированных спутниковых миссий, таких как GOSAT, OCO-2, TanSat и др. Показана роль спутниковых наблюдений в изучении пространственно-временной динамики CO<sub>2</sub>. В заключении подчеркивается важность комплексного подхода, интегрирующего наземные, авиационные и спутниковые данные для получения детальной картины распределения CO<sub>2</sub> в атмосфере. Это критически важно для понимания глобального углеродного цикла и прогноза климатических изменений.

### ABSTRACT

The paper provides a historical background on the beginning of regular instrumental measurements of CO<sub>2</sub> in the 1950s at remote stations. The establishment of the WMO Global Atmospheric Monitoring Network, which today unites about 100 ground stations around the world, is noted. Modern analytical methods of CO<sub>2</sub> measurement such as optical spectroscopy, chromatography, mass spectrometry are considered in detail. Special attention is paid to the analysis of CO<sub>2</sub> isotopic composition. A significant part of the work is devoted to the application of remote sensing data using specialized satellite missions such as GOSAT, OCO-2, TanSat and others. The role of satellite observations in studying the spatial and temporal dynamics of CO<sub>2</sub> is shown. The conclusion emphasizes the importance of a comprehensive approach that integrates ground, airborne and satellite data to obtain a detailed picture of the atmospheric CO<sub>2</sub> distribution. This is critical for understanding the global carbon cycle and predicting climate change.

**Ключевые слова:** CO<sub>2</sub>, мониторинг, дистанционное зондирование земли, атмосфера.

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, monitoring, remote sensing of the earth, atmosphere.

### Введение

Диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) является одним из важнейших парниковых газов в атмосфере Земли. На протяжении многих лет ученые проводят регулярные наблюдения за концентрацией CO<sub>2</sub>, чтобы отслеживать изменения и понимать влияние этого газа на климатическую систему. Первые

инструментальные замеры CO<sub>2</sub> в атмосфере начали проводиться в 1950-х годах с помощью инфракрасных анализаторов в обсерватории на Мауна-Лоа (Гавайи) и в Антарктиде [Keeling, 1960; <https://www.climate.gov/>]. Измерения показали, что до индустриальной эры уровень CO<sub>2</sub> был относительно стабилен на уровне около 280 частей

на миллион (ч./млн.), однако к 1960-м годам он уже вырос до 317 ч./млн. [IPCC, 2007]. С тех пор наблюдения на Мауна-Лоа, которые до сих пор продолжаются, стали "золотым стандартом" для мониторинга глобальных тенденций CO<sub>2</sub>.

С 1980-х годов была создана Глобальная сеть мониторинга атмосферы (ГСНА) Всемирной метеорологической организации, объединившая данные наблюдений за CO<sub>2</sub> со станций по всему

миру (рис. 1) [WMO, 2020, 2021]. Эта сеть позволила получить более детальную картину пространственного и временного распределения CO<sub>2</sub> в атмосфере. Кроме наземных станций, с 2000-х годов для мониторинга CO<sub>2</sub> стали использоваться данные со спутников, например, с японского спутника GOSAT [Morino et al., 2011]. Спутниковые наблюдения дополняют наземные данные, особенно в удаленных районах.

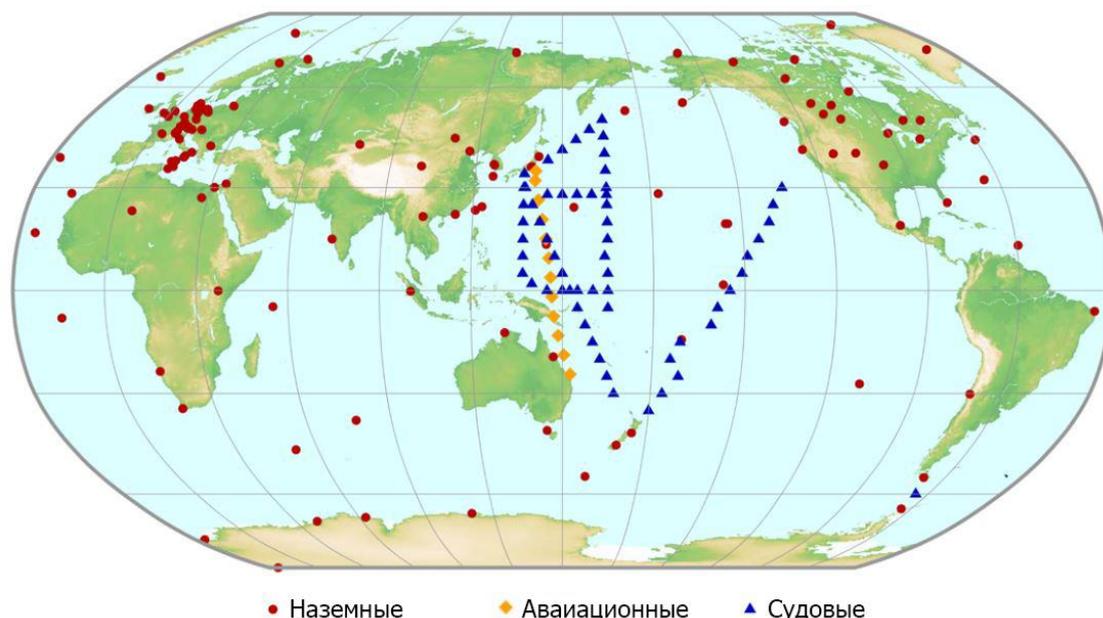


Рис. 1. Глобальная сеть мониторинга атмосферы (ГСНА) Всемирной метеорологической организации на 2021 г., собирающая данные в том числе о содержании CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>.

В настоящее время для измерения CO<sub>2</sub> применяется несколько основных методов. На многих станциях по-прежнему используются инфракрасные газоанализаторы, основанные на поглощении инфракрасного излучения молекулами CO<sub>2</sub>. Также широко применяется хроматографический метод, при котором пробы воздуха пропускают через колонки с адсорбентом, разделяя компоненты, включая CO<sub>2</sub> [Worthy et al., 2003]. Для анализа отобранных проб в лабораторных условиях часто используется масс-спектрометрия. Кроме концентрации, важным параметром являются изотопные вариации CO<sub>2</sub>, поскольку они несут информацию об источниках эмиссии [Francey et al., 1999]. Для анализа изотопного состава применяются такие методы, как лазерная спектроскопия и масс-спектрометрия высокого разрешения. Изотопные данные помогают разделить вклады от разных процессов, влияющих на бюджет CO<sub>2</sub>.

#### Наземная сеть мониторинга за содержанием CO<sub>2</sub> в атмосфере

Регулярные инструментальные наблюдения за концентрацией CO<sub>2</sub> в атмосфере начались в конце 1950-х годов на удаленных станциях Мауна-Лоа (Гавайи) (рис. 2) и Антарктида [Keeling et al., 1976]. Эти измерения выявили рост глобального фонового

уровня CO<sub>2</sub>, связанный с антропогенными выбросами от сжигания ископаемого топлива. В дальнейшем для мониторинга CO<sub>2</sub> по всему миру была создана Глобальная сеть наблюдений за атмосферой (ГСНА) Всемирной метеорологической организации. Основу ГСНА составляют наземные станции, измеряющие CO<sub>2</sub> и другие парниковые газы стандартизированными методами. Станции классифицируются по типам в зависимости от локальных источников загрязнения [WMO, 2021]:

- фоновые - расположены вдали от крупных источников, измеряют глобальный фон.
- региональные - отражают усредненный уровень CO<sub>2</sub> для данного региона.
- сельские, пригородные - испытывают влияние локальных источников.

● городские - расположены в крупных городах.

По состоянию на 2022 год в состав ГСНА ВМО входит около 100 станций по всему миру, от Арктики до Антарктиды [WMO, <https://gawsis.meteoswiss.ch>]. Крупнейшими сетями являются американская NOAA ESRL GMD (25 станций) и европейская ICOS (более 130 станций) [Masarie et al., 2014].

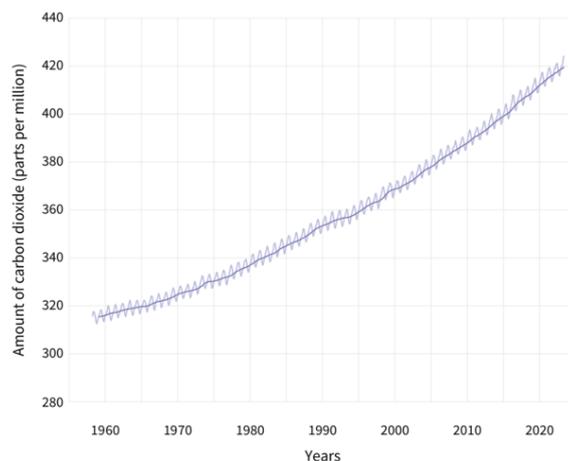


Рис. 2. Среднемесячные измерения углекислого газа станцией обсерватории Мауна-Лоа на Гавайях с 1958 года в частях на миллион (ppm).

Для измерений CO<sub>2</sub> традиционно используются инфракрасные газоанализаторы, основанные на поглощении ИК-излучения молекулами CO<sub>2</sub>. В последние десятилетия все чаще применяются хроматографические и оптические (например, квантово-каскадные лазеры) методы, отличающиеся высокой точностью и стабильностью [Chen et al., 2021]. Данные со станций передаются в центральные архивы ВМО практически в режиме реального времени. Это позволяет оперативно анализировать пространственно-временную динамику CO<sub>2</sub> на различных масштабах: от суточных вариаций до межгодового тренда. Например, интенсивное поглощение CO<sub>2</sub> растительностью приводит к сезонному минимуму концентрации в Северном полушарии летом и максимуму зимой [Pickett-Heaps et al., 2011]. Межгодовое увеличение обусловлено ростом антропогенных выбросов. Различия между фоновыми станциями отражают вклад региональных источников и стоков CO<sub>2</sub>.

Дальнейшее развитие наземной сети предполагает автоматизацию измерений, создание новых станций в недостаточно охваченных районах (Африка, Азия), интеграцию с авиационными и спутниковыми данными. Это позволит получать все более подробную и точную информацию о распределении CO<sub>2</sub> в атмосфере Земли. Такая информация критически важна для понимания

углеродного цикла и прогнозирования климатических изменений.

#### **История и современное состояние спутникового мониторинга CO<sub>2</sub>**

Первые эксперименты по дистанционному зондированию содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере из космоса были предприняты в конце 1990-х годов с использованием спектрометров на спутниках для исследования атмосферы. В частности, в 1996-97 гг. японский спутник ADEOS осуществил глобальные измерения CO<sub>2</sub> в ближнем инфракрасном диапазоне с помощью ИК-Фурье спектрометра IMG [Rayner, O'Brien, 2001]. Эти данные продемонстрировали потенциал дистанционного зондирования CO<sub>2</sub>, хотя их точность была еще недостаточной.

В 2002 году на околоземную орбиту на борту спутника NASA Aqua был выведен атмосферный инфракрасный зонд (AIRS) предоставляющий данные, необходимые для наблюдения за земной атмосферой. Комплект приборов AIRS состоит из гиперспектрального прибора AIRS с 2378 инфракрасными каналами и 4 каналами видимого/ближнего инфракрасного диапазона, а также прибора AMSU-A с 15 микроволновыми каналами. Данные AIRS применяются для создания ежедневных глобальных карт углекислого газа с точностью выше 2 частей на миллион (рис. 3), а также других газовых примесей, включая озон, метан и окись углерода [<https://airs.jpl.nasa.gov/>].

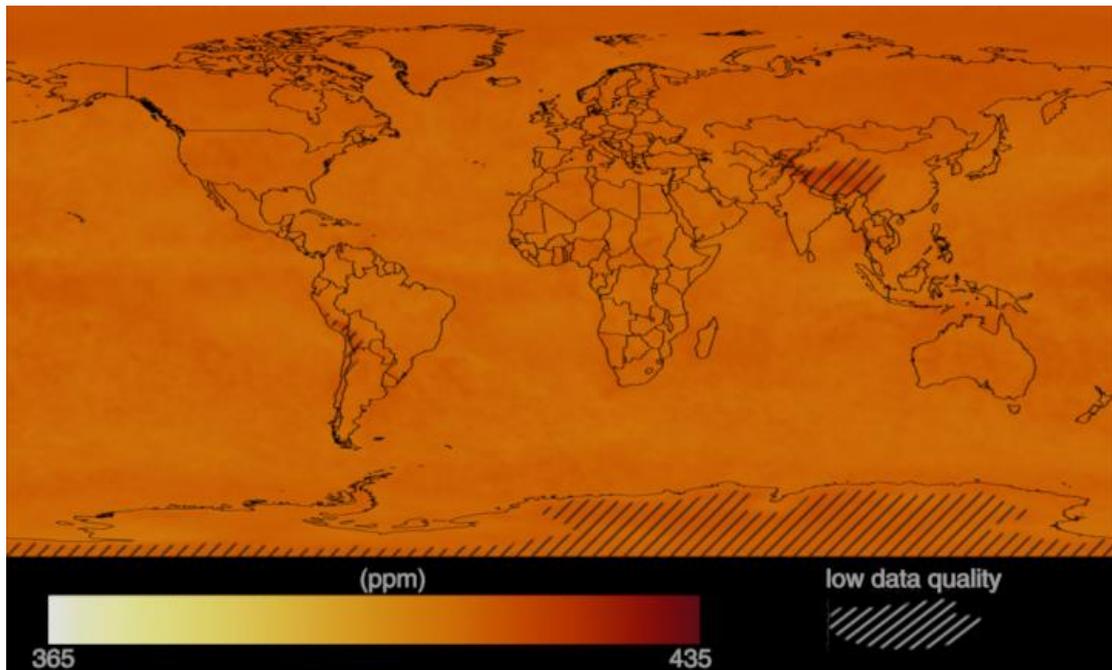


Рис. 3. Карта-схема глобального распределения концентрации  $CO_2$  в средней тропосфере в частях на миллион (ppm) в декабре 2020 г. по данным атмосферного инфракрасного зонда (AIRS) космического аппарата NASA Aqua.

Новый этап в спутниковом мониторинге  $CO_2$  начался в 2009 г. с запуском японского спутника GOSAT со спектрометром TANSO-FTS, специально предназначенным для регистрации  $CO_2$  (рис. 4) и  $CH_4$  по отраженному от поверхности Земли солнечному излучению [Yoshida et al., 2013]. Высокая чувствительность TANSO-FTS в области поглощения  $CO_2$  (~1,6 и 2 мкм) позволила получать глобальные карты распределения  $CO_2$  с точностью

около 2 частей на миллион и предоставляет уникальные сведения о газовом составе атмосферы Земли, необходимые для климатических исследований. Для повышения точности данные GOSAT совмещаются с наземными измерениями методом усвоения данных [Kulawik et al., 2022]. Также проводятся валидационные измерения  $CO_2$  с самолетов.

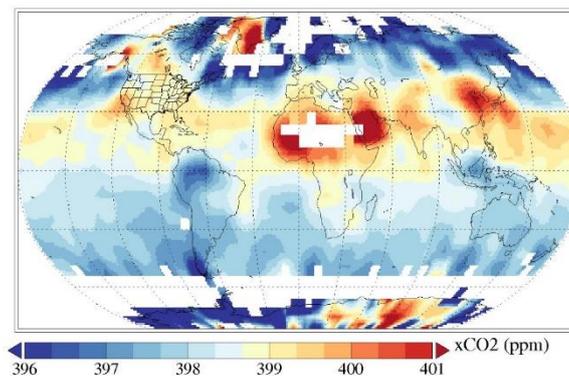


Рис. 4. Карта-схема глобального распределения средней концентрации  $CO_2$  в атмосфере в частях на миллион (ppm) в 2015 г. по данным спектрометра TANSO-FTS японского космического аппарата GOSAT.

В 2014 году НАСА был запущен спутник OCO-2 (Orbiting Carbon Observatory-2), который предназначен для получения точных данных о пространственном распределении и временных вариациях концентрации углекислого газа в атмосфере Земли. Благодаря использованию современного спектрометра высокого разрешения, работающего в инфракрасном диапазоне, OCO-2 может регистрировать даже небольшие вариации  $CO_2$  (рис. 5) по всей планете. Съемка выполняется с пространственным разрешением около 2-3 км как

в надир, так и под углом до 45 градусов. Ширина полосы захвата при сканировании составляет порядка 10 км. Благодаря оптимальным орбитальным параметрам спутник обеспечивает полное покрытие поверхности Земли каждые 16 дней. Высокоточные данные этой миссии дополняют наземные наблюдения и играют важную роль в понимании глобального круговорота углерода и изменений климата [https://www.nasa.gov/mission\_pages/oco2/index.html, Frankenberg et al., 2014]. В 2019 г. был выведен на

орбиту OCO-3, который несет практически идентичный OCO-2 спектрометр [https://ocov2.jpl.nasa.gov/instrument]. Отличие заключается в возможности гибкой наводки на

цель, что дает преимущество в детальном зондировании локальных областей размером до 30×30 км [Taylor et al., 2020].

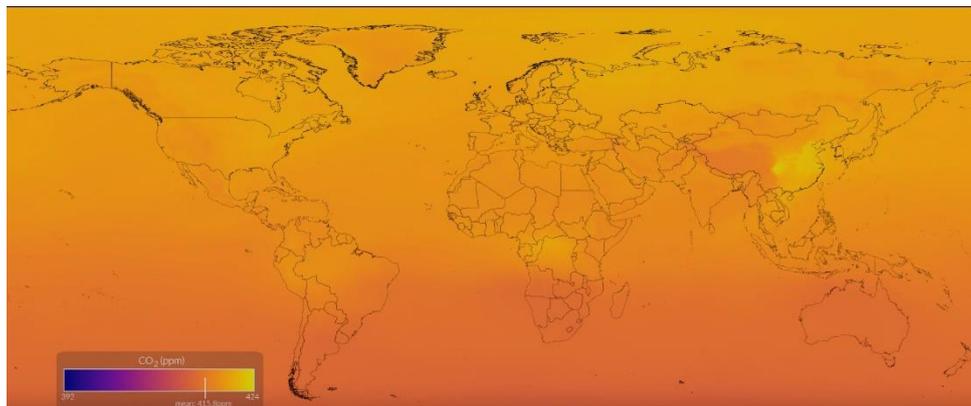


Рис. 5. Карта-схема глобального распределения концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере в частях на миллион (ppm) в январе 2022 г. по данным с космического аппарата NASA OCO-2.

В 2016 г. Китай запустил спутник TanSat с дополняющим GOSAT спектрометром в SWIR, работающий в ближнем инфракрасном диапазоне 0,75-2,1 мкм. Благодаря высокому спектральному разрешению прибор может регистрировать полосы поглощения CO<sub>2</sub> даже в слабоконцентрированных состояниях. Пространственное разрешение составляет около 2 км. Измерения ведутся как в надир, так и под углом до 45°, что позволяет получать данные о концентрации CO<sub>2</sub> как вблизи поверхности, так и на разных высотах в атмосфере. Ширина полосы обзора - 60 км. TanSat вносит существенный вклад в глобальные исследования круговорота углерода и изменения климата посредством детального мониторинга CO<sub>2</sub> с помощью современных спутниковых технологий.

В 2017 г. начала работу европейская миссия Sentinel-5 Precursor, ориентированная на мониторинг загрязнения атмосферы. Ее спектрометр TROPOMI с высоким пространственным разрешением работает в ультрафиолетовом, видимом, ближнем и коротковолновом инфракрасном диапазонах спектра и позволяет регистрировать концентрации озона, метана, формальдегида, аэрозолей и диоксида азота. [Hu et al., 2022].

Таким образом, в настоящее время уже развернута орбитальная группировка, обеспечивающая регулярный мониторинг глобального распределения CO<sub>2</sub>. Эти данные дополняют наземную сеть GAW, особенно в труднодоступных районах океанов, Сибири и тропиков.

Спутниковые наблюдения позволяют отслеживать региональные источники и стоки CO<sub>2</sub>, сезонную и межгодовую динамику его концентрации, что важно для понимания глобального углеродного цикла и климатических процессов [Chatterjee et al., 2020]. Перспективным направлением является совмещение данных разных спутников в интегрированных продуктах с использованием мультисенсорного подхода. Это

позволит получать все более детальную и точную информацию о распределении CO<sub>2</sub> в атмосфере.

На данный момент Россия не имеет специализированных спутников для мониторинга CO<sub>2</sub> в атмосфере. Отечественные космические аппараты, такие как метеорологические спутники серии "Метеор" и "Электро", оснащены приборами для наблюдения облачности, температуры подстилающей поверхности и других метеопараметров. Однако, они не несут специальной аппаратуры для регистрации CO<sub>2</sub>. В настоящее время в России ведутся разработки перспективных спутников для мониторинга состава атмосферы, включая парниковые газы. В частности, в рамках Федеральной космической программы планируется создание гидрометеорологических и климатических спутников нового поколения. Предполагается, что они будут оснащены современными спектрометрическими комплексами, способными проводить измерения CO<sub>2</sub> из космоса по примеру зарубежных аналогов. Ожидается, что развертывание отечественной орбитальной группировки для мониторинга CO<sub>2</sub> и других парниковых газов позволит получать регулярные данные об их содержании над территорией России. Это будет способствовать изучению пространственного распределения CO<sub>2</sub>, оценке потоков углерода и в конечном итоге - контролю источников выбросов парниковых газов в России.

#### **Данные о содержании CO<sub>2</sub> в атмосфере в архивах моделей реанализа**

CAMS-EGG4 – набор данных, являющийся частью реанализа состава атмосферы Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF), посвященного парниковым газам: двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) и метану (CH<sub>4</sub>). В этом наборе данных моделируются потоки CO<sub>2</sub> для получения представления об изменчивости в широком диапазоне масштабов от суточного до межгодового. Реанализ объединяет данные модели с наблюдениями со всего мира в глобально полный

и непротиворечивый набор данных с использованием модели атмосферы, основанной на законах физики и химии. Этот принцип, называемый ассимиляцией данных, основан на методе, используемом центрами численного прогнозирования погоды и центрами прогнозирования качества воздуха. Система усвоения способна оценивать погрешности между наблюдениями и отделять данные хорошего качества от данных плохого качества. Модель атмосферы позволяет проводить оценки в местах с низким охватом данными или для атмосферных загрязнителей, для которых нет прямых наблюдений. Система наблюдения сильно видоизменилась с течением времени, по этой причине набор данных CAMS-EGG4 доступен только начиная с 2003 года. Шаг сетки CAMS-EGG4 составляет до 0,75 градуса с 3-часовой периодичностью данных [<https://ads.atmosphere.copernicus.eu/>].

#### Заключение

Регулярные инструментальные измерения атмосферного CO<sub>2</sub>, которые были инициированы в середине XX века на удаленных станциях, зафиксировали рост концентрации этого парникового газа, обусловленный антропогенной деятельностью. Для организации глобального мониторинга CO<sub>2</sub> под эгидой Всемирной метеорологической организации была развернута масштабная наземная сеть GAW, насчитывающая в настоящее время порядка 100 станций на всех континентах, включая Антарктиду.

Для прецизионных измерений CO<sub>2</sub> в атмосфере применяются широкий спектр современных аналитических методов, среди которых оптическая спектроскопия высокого разрешения, мультикомпонентная хроматография с различными детекторами, а также изотопная масс-спектрометрия. Последняя позволяет получать данные об изотопном составе CO<sub>2</sub>, что важно для идентификации источников его эмиссии.

Начиная с 2000-х годов важную роль в глобальном мониторинге CO<sub>2</sub> играют спутниковые наблюдения, реализованные в рамках специализированных орбитальных миссий GOSAT, OCO-2, TanSat, AIRS и др. Их преимуществом является возможность зондирования труднодоступных районов и получения информации о пространственно-временном распределении CO<sub>2</sub>. Интеграция спутниковых данных с наземными наблюдениями методами усвоения данных повышает точность и детальность мониторинга CO<sub>2</sub>.

Для глубокого понимания глобального углеродного цикла и прогноза будущих климатических изменений необходим комплексный подход, объединяющий разнородную информацию о CO<sub>2</sub> из наземных, авиационных и спутниковых источников. Дальнейшее развитие систем мониторинга CO<sub>2</sub> и других парниковых газов в России будет способствовать изучению их пространственно-временной динамики и контролю антропогенных выбросов на национальном уровне.

Исследование выполнено в рамках государственного задания «Углеродный баланс биоморфолитосистем побережья и прилегающих морских акваторий окраинных морей Дальнего Востока (FEFF-2022–0027)».

#### Список литературы:

1. Chatterjee A. et al. Reductions in India's crop yield due to ozone. *Geophysical Research Letters*, 2020, Vol. 47, No. 13, e2020GL08725.
2. Chen H. et al. (2021) Adaptation and experiences of optical spectroscopic techniques in atmospheric greenhouse gas observations. *Appl. Spectrosc. Rev.*, 1-55.
3. Copernicus. The Earth observation component of the European Union's Space program. <https://ads.atmosphere.copernicus.eu/>
4. Eldering A. et al. The Orbiting Carbon Observatory-3: measuring atmospheric carbon dioxide from space. *Remote Sensing of Environment*, 2021, Vol. 258, p.112359.
5. Francey, R.J. et al. (1999) A 1000-year high precision record of  $\delta^{13}C$  in atmospheric CO<sub>2</sub>. *Tellus B*, 51(2), 170-193.
6. Frankenberg, C., O'Dell, C., Berry, J., Guanter, L., Joiner, J., Köhler, P., Pollock, R. and Taylor, T.E., 2014. Prospects for chlorophyll fluorescence remote sensing from the Orbiting Carbon Observatory-2. *Remote Sensing of Environment*, 147, pp.1-12.
7. Hu H. et al. Sentinel-5P TROPOMI atmospheric CO<sub>2</sub> retrieval: description and validation. *Atmospheric Measurement Techniques*, 2022, Vol. 15, No. 3, pp. 1501-1520.
8. IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
9. Keeling C.D. et al. (1976) Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii. *Tellus*, 28(6), 538-551.
10. Keeling, C.D. (1960) The Concentration and Isotopic Abundances of Carbon Dioxide in the Atmosphere. *Tellus*, 12, 200-203.
11. Kulawik S.S. et al. Evaluation of ACOS-GOSAT, BESD-SCIAMACHY, CarbonTracker, and MACC through comparisons to TCCON. *Atmospheric Measurement Techniques*, 2016, Vol. 9, No. 12, pp. 6083-6103.
12. Liu Y. et al. The TanSat mission: preliminary global observations. *Science Bulletin*, 2018, Vol. 63, No. 21, pp. 1400-1402.
13. Masarie K.A. et al. (2014) NOAA/GML CO<sub>2</sub> reference gases and uncertainty. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119(13), 8266–8282.
14. Morino, I. et al. (2011) Preliminary validation of column-averaged volume mixing ratios of carbon dioxide and methane retrieved from GOSAT short-wavelength infrared spectra. *Atmos. Meas. Tech.*, 4, 1061–1076.
15. National Aeronautics and Space Administration. The Atmospheric Infrared Sounder on NASA's Aqua Satellite mission. <https://airs.jpl.nasa.gov/>
16. NOAA Climate Program. [www.climate.gov](http://www.climate.gov)

17. Pickett-Heaps C. et al. (2011) Atmospheric CO<sub>2</sub> inversion validation using vertical profile measurements. *J. Geophys. Res.*, 116(D12), D12305.
18. Rayner P.J., O'Brien D.M. The utility of remotely sensed CO<sub>2</sub> concentration data in surface source inversions. *Geophysical Research Letters*, 2001, Vol. 28, No. 1, pp. 175-178.
19. Taylor T.E. et al. (2020) OCO-3 early science observations of terrestrial chlorophyll fluorescence from the ISS. *Proc. SPIE 11531, Earth Observing Systems XXV*, 115310A.
20. WMO Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No.18: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2021.
21. World Meteorological Organization (2020) WMO Greenhouse Gas Bulletin, No. 16.
22. World Meteorological Organization (2021) Guide to the Global Observing System. WMO-No. 488.
23. World Meteorological Organization. GAW Station Information System. <https://gawsis.meteoswiss.ch>
24. Worthy, D.E. et al. (2003) Seven years of continuous methane observations at a remote boreal site in Ontario, Canada. *J. Geophys. Res.*, 108(D13), 4407.
25. Yoshida Y. et al. Retrieval algorithm for CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> column abundances from short-wavelength infrared spectral observations by the greenhouse gases observing satellite. *Atmospheric Measurement Techniques*, 2013, Vol. 6, No. 3, pp. 717-734.

# СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 631:631.9:631.95

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА ПОД ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

*Аканова Н.И.<sup>1</sup>, Холомьева Л.Н.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Москва  
<sup>2</sup>АО «Апатит», Москва, Россия*

## EFFICIENCY OF PHOSPHOGYPSUM APPLICATION FOR WINTER WHEAT ON SOD-PODZOLIC SOILS

*Akanova N.I.<sup>1</sup>, Kholomyeva L.N.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, Moscow  
<sup>2</sup>Apatit, Moscow, Russia**DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.7.108.1910*

В статье рассмотрена возможность использования побочного продукта при производстве фосфорной кислоты – фосфогипса (ФГ) в качестве мелиоранта и комплексного кальций-фосфор-серосодержащего минерального удобрения и по составу и качеству, отвечающего современным требованиям сельскохозяйственного производства. Урожай зерна озимой пшеницы от внесения 1 т/га ФГ в сравнении с контрольным вариантом повышался на 0,29 т/га, или 8,8%, на фоне 2 т/га ФГ прибавка составила 0,36 т/га, или 10,9%, 3 т/га ФГ – 0,40 т/га, или 12,1%. Экологическая оценка эффективности ФГ не выявила загрязнения почв и зерна озимой пшеницы тяжелыми металлами

The article discusses the possibility of using a by-product of the chemical industry – phosphogypsum (FG) as an ameliorant and complex phosphorus sulfur-containing mineral fertilizer. The yield of winter wheat grain from the application of 1 t/ha of FG in comparison with the control variant increased by 0.29 t/ha, or 8.8%, against the background of 2 t/ha FG, the increase was 0.36 t/ha, or 10.9%, 3 t/ha FG – 0.40 t/ha, or 12.1% Environmental assessment of the effectiveness of the FG did not reveal soil contamination and the destruction of winter wheat with heavy metals

**Ключевые слова:** фосфогипс, озимая пшеница, урожайность, качество зерна, кальций, фосфор, сера  
**Keywords:** phosphogypsum, winter wheat, yield, grain quality, calcium, phosphorus, sulfur

Фосфогипс – побочный продукт производства фосфорной кислоты, агроэкологическая эффективность и экономическая целесообразность его применения в сельскохозяйственном производстве в качестве комплексного кальций-фосфор-серного минерального удобрения и химического мелиоранта может найти широкое распространение на всех типах почв □1-3□.

Проблема утилизации огромных отходов фосфогипса носит межотраслевой характер. Отсюда вытекает необходимость изучения и решения вопросов безопасного агроэкологического эффективного применения ФГ. Его рациональное использование предусматривает сохранение экологического потенциала, повышение эффективности земледелия □4, 5□. Применение ФГ позволит обеспечить существенный рост продуктивности агроценоза, производительности труда за счет увеличения выхода конечного продукта и создать условия для наиболее полного использования природных ресурсов и получения дополнительной прибыли.

Использование ФГ в качестве мелиоранта и комплексного минерального удобрения значительно увеличит резервы, и снизит стоимость продовольственных продуктов □6. 7□.

Целесообразно совершенствование и разработка новых приемов применения ФГ, научно обоснованных норм внесения [8, 9]. Рациональный подход к его использованию позволит совершенствовать действующие технологии безотходного производства и будет способствовать широкомасштабному экологически безопасному и экономически выгодному применению высокоэффективного мелиоранта и комплексного удобрения [10, 11].

Для благоприятного формирования продуктивности посева озимой пшеницы важными являются условия осеннего и зимнего периодов развития растений. В фазе трех листьев, которая приходится на осенний период, растения озимой пшеницы предъявляют повышенные требования к обеспеченности почвы элементами питания в доступной для растений форме. Важно оценить влияние внесенного ФГ на рост и развитие растений и на перезимовку посева, определяющих величину будущей урожайности культуры.

В посевах отмечено нормальное кущение растений озимой пшеницы, выпадения не отмечено, таким образом, перезимовка, как в 2020 году, так и 2021 году проходила в фазу кущения. Начало весенней вегетации возобновилось с

продолжения фазы кущения, что свидетельствует о нормализации протекания процесса формирования зачаточных стеблей озимой пшеницы.

Таблица 1

**Влияние фосфогипса на полевую всхожесть и высоту растений озимой пшеницы**

Варианты	Высота растений по фазам развития, см				Полевая всхожесть, %	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
	выход в трубку		колошение			
Контроль б/удобрений	45	47	69	71	81,2	78,2
НРК 10:26:26	53	55	77	79	83,4	83,0
НРК 10:26:26 +1,0 т/га ФГ	54	56	78	80	83,8	83,3
НРК 10:26:26 +2,0 т/га ФГ	55	56	79	80	84,6	83,6
НРК 10:26:26 +3,0 т/га ФГ	55	57	79	81	85,5	84,5
1,0 т/га ФГ	48	51	72	73	82,0	83,0
2,0 т/га ФГ	48	53	72	76	82,6	83,6
3,0 т/га ФГ	49	55	73	78	83,1	83,7
НСР05	1,8	2,1	1,2	1,3	1,8	2,1

Минеральное питание и внесение ФГ уже в фазу выхода в трубку визуально сказалось на высоте растений. В 2020 году она колебалась по вариантам от 45 до 55 см, на фоне применения НРК 10:26:26 высота растений повышалась на 8-10 см (18-22%), а при внесении ФГ на 3-4 см (7-9%) относительно контрольного варианта (табл.1).

Минеральное питание и внесение ФГ уже в фазу выхода в трубку визуально сказалось на высоте растений. В 2020 году она колебалась по вариантам от 45 до 55 см, на фоне применения НРК 10:26:26 высота растений повышалась на 8-10 см (18-22%), а при внесении ФГ на 3-4 см (7-9%) относительно контрольного варианта (табл.1).

К фазе колошения интенсивность ростовых процессов практически не изменилась. В вариантах с внесением ФГ параметр был на 3-4 см больше, в варианте с внесением НРК 10:26:26 высота была 77 см, а при сочетании НРК 10:26:26 +2,0 т/га - 79 см, в варианте НРК 10:26:26 +3,0 т/га ФГ на 10 см больше в сравнении с контролем.

Полевая всхожесть семян озимой пшеницы оказалась наименьшей в контрольном варианте и равнялась 81,2%, максимальная полевая всхожесть 85,5% отмечена в варианте НРК 10:26:26 +3,0 т/га ФГ (табл. 1). Выявлено, что ФГ способствует лучшей выживаемости растений. Обусловлено это, по всей вероятности, присутствующими в составе ФГ макро и микроэлементами, которые, положительно повлияли на рост и развитие растений.

Аналогичные закономерности получены и в 2021 году (табл. 1). Наилучшие показатели по высоте растений в вариантах с сочетанием минеральных удобрений и фосфогипса. ФГ в возрастающих дозах не только не оказывал угнетающего действия, но и в сравнении с контрольным вариантом проявил достоверное благоприятное влияние на развитие посева, высота растений была больше на 8,5, 12,8 и 17,0% соответственно. При дозе 3,0 т/га высота растений практически не отличается от вариантов с внесением НРК и НРК+ФГ, и составляла 55 см в фазу выхода в трубку и 78 см в фазу колошения.

В опыте 2020 года кустистость озимой пшеницы зависела от различий в питательном режиме, создаваемом разными дозами и видами вносимых удобрений НРК 10:26:26 и ФГ. Норма высева озимой пшеницы составляла 5 млн. семян на гектар, или 500 шт/м<sup>2</sup>. Растений к уборке сохранялось от 306 шт/м<sup>2</sup> в контрольном варианте до 327 шт/м<sup>2</sup> в варианте с внесением НРК 10:26:26 + ФГ 3 т/га (табл 2). В варианте с 1 и 2 т/га ФГ общее количество стеблей было на 93 и 89 шт/м<sup>2</sup> больше, в варианте с 3 т/га ФГ - на 114 шт/м<sup>2</sup> больше.

Применение НРК 10:26:26 + 1 т/га ФГ увеличивало показатель по сравнению на 279 шт/м<sup>2</sup>, НРК 10:26:26 + 3 т/га ФГ - на 301 шт/м<sup>2</sup>. Максимальное число стеблей озимой пшеницы было в варианте НРК 10:26:26 + 2 т/га ФГ и равнялось 844 шт/м<sup>2</sup> (табл. 2)

Таблица 2

## Общая кустистость озимой пшеницы, 2020 год

Вариант	Число растений		Общее число стеблей		Общая кустистость	
	шт/м <sup>2</sup>				2020	2021
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Контроль	306	286	541	506	1,77	1,66
НРК 10:26:26	311	301	750	701	2,41	2,25
НРК 10:26:26+ 1 т/га ФГ	319	314	820	785	2,57	2,43
НРК 10:26:26 + 2 т/га ФГ	323	320	844	809	2,61	2,50
НРК 10:26:26+ 3 т/га ФГ	327	325	842	797	2,57	2,43
1т/га ФГ	310	305	634	641	2,04	2,06
2 т/га ФГ	313	309	630	644	2,01	2,05
3 т/га ФГ	315	310	655	675	2,08	2,14
НСР05	9,8	7,2	19,2	16,4	0,23	0,19

При внесении 2 т/га ФГ показатель общей кустистости был на 0,24 больше контрольного, в варианте с 1 т/га ФГ на 0,27, с 3 т/га ФГ на 0,31 больше. Максимальная общая кустистость наблюдалась в варианте НРК 10:26:26 + 2 т/га ФГ - 2,61.

В 2021 году показатели, как общее число растений, так и общее число стеблей было ниже, чем в 2020 году, однако выявленные закономерности сохранились (табл. 2). В варианте с 1 и 2 т/га ФГ общее количество стеблей было на 135 и 138 шт/м<sup>2</sup> больше, или на 26,7 и 27,3%, в варианте с 3 т/га ФГ - на

33,4% больше. Внесение полного минерального удобрения способствовало увеличению числа стеблей на 39,4%. Наилучшим было сочетание минеральных удобрений и ФГ: при возрастающих дозах ФГ установлено увеличение показателя на 55,1, 59,9 и 57,5% соответственно. Максимальная общая кустистость отмечена в варианте НРК 10:26:26 + 2 т/га ФГ - 2,50.

Применение только ФГ в возрастающих дозах обеспечило увеличение продуктивных стеблей на 16,2%, 16,5 и 20% соответственно. Ни на массу, ни число зерен с одного колоса внесение ФГ не оказало влияния, и показатели находились в пределах 0,68-0,70 г и 15,0 -15,5 штук соответственно. Различия по этим показателям в сравнении с контрольным вариантом недостоверны, и находились в пределах ошибки опыта. Масса зерна с колоса в вариантах с применением НРК 10:26:26 +ФГ возрастала на 0,02-0,06 г (табл.3).

Биологическая урожайность озимой пшеницы в 2020 году зависела, в основном от количества продуктивных стеблей, величину которых определило применение НРК 10:26:26 и ФГ. При внесении 1 т/га ФГ биологическая урожайность была на 52,8 г/м<sup>2</sup>, или на 14,5% больше контроля, на фоне 2 т/га ФГ - на 54,4 г/м<sup>2</sup>, или на 14,9% больше, 3 т/га ФГ - на 66,6 г/м<sup>2</sup>, или на 18,3% больше. Применение НРК 10:26:26 + 1 т/га ФГ обеспечило прибавку урожая 219,2 г/м<sup>2</sup>, или 60,2%, НРК 10:26:26 + 2 т/га ФГ 227,0 г/м<sup>2</sup>, или 62,4%. Наибольшая биологическая урожайность получена при внесении НРК 10:26:26+ 3 т/га ФГ - 603,0 г/ м<sup>2</sup>, прибавка урожая составила 239 г/м<sup>2</sup>, или на 65,6% в сравнении с контрольным вариантом.

Схожие по метеорологическим условиям 2020 и 2021 годы способствовали получению близких по значениям показателей продуктивности посева. Наименьшее число продуктивных стеблей - 487 шт/м<sup>2</sup> сформировалось в контрольном варианте. Применение ФГ на фоне полного минерального удобрения способствовало увеличению показателя в зависимости от дозы ФГ до 776, 755 и 769 шт/м<sup>2</sup>, что на 16,3%, 13,2 и 15,3% больше в сравнении с вариантом, где вносили только НРК (2 вар.) соответственно (табл. 3).

Применение ФГ без минеральных удобрений благотворно действовало на формирование продуктивности в возрастающих дозах от 1 до 3 т/га и обеспечило увеличение продуктивных стеблей в сравнении с контролем соответственно на 25,2%, 27,1 и 32%.

Таблица 3

## Структура урожая озимой пшеницы (в среднем за два года)

Вариант	Число стеблей, шт./м <sup>2</sup>		Масса зерна с колоса, г	Число зёрен с колоса, шт	Биологическая урожайность, г/м <sup>2</sup>
	всего	продуктивных			
Контроль	524	504	0,68	15,0	352,3
НРК 10:26:26	725	691	0,73	15,5	517,9
НРК+1 т/га ФГ	824	793	0,71	15,2	570,8
НРК+2 т/га ФГ	803	767	0,74	15,7	578,6
НРК+3 т/га ФГ	822	782	0,74	15,6	587,0
1 т/га ФГ	638	607	0,69	15,1	419,2
2 т/га ФГ	637	613	0,70	15,2	423,1
3 т/га	665	634	0,71	15,5	437,1

Аналогично 2020 в 2021 году ни на массу, ни число зерен с одного колоса внесение ФГ как самостоятельно, так и в сочетании с НРК не оказало влияния, и показатели находились в пределах 0,69-0,72 г и 14,8 -15,5 штук соответственно. Однако, различия по этим показателям в сравнении с контрольным вариантом в большинстве вариантов опыта достоверны. Масса зерна с колоса в вариантах с применением НРК+ФГ возрастала на 0,04-0,07 г (табл.10).

В среднем за два года, как и в каждом исследуемом году, уровень биологической урожайности обусловило количество продуктивных стеблей растения. Наименьшая биологическая урожайность получена в контрольном варианте – 353,3 г/м<sup>2</sup>. Внесение 1 т/га ФГ обеспечило получение биологической урожайности на 66,9, или на 19,0% больше, на фоне 2 т/га ФГ - на 70,8 г/м<sup>2</sup>, или на 20,1% больше, 3 т/га

ФГ - на 84,8 г/м<sup>2</sup>, или на 24,1% больше в сравнении с контрольным вариантом (табл. 3).

Внесение НРК 10:26:26 увеличивало биологическую урожайность озимой пшеницы по сравнению с контрольным вариантом на 165,6 г/м<sup>2</sup>, или на 47,0%. Применение НРК 10:26:26 + 1 т/га ФГ обеспечило прибавку урожая 218,5 г/м<sup>2</sup>, или 62,0%, НРК 10:26:26 + 2 т/га ФГ 226,3 г/м<sup>2</sup>, или 62,0%. Наибольшая биологическая урожайность получена при внесении НРК 10:26:26+ 3 т/га ФГ – 587,0 г/м<sup>2</sup>, прибавка урожая составила 234,7 г/м<sup>2</sup>, или 66,6% в сравнении с контролем, и 69,1 г/м<sup>2</sup>, или 13,3% к фоновому варианту (табл. 3).

В среднем за два года эффект от внесения 1 т/га ФГ в сравнении с контрольным вариантом выразился в получении прибавки урожая 0,29 т/га, или

8,8%, на фоне 2 т/га ФГ прибавка составила 0,36 т/га, или 10,9%, 3 т/га ФГ – 0,40 т/га, или 12,1% (табл. 4).

Таблица 4

## Урожайность озимой пшеницы в среднем за два года, т/га

Вариант	Урожай зерна, т/га		Среднее за 2 года	Прибавка к контролю		
	2020	2021		т/га	%	% от ФГ
Контроль (б.у)	3,41	3,19	3,30	–	-	-
НРК 10:26:26 (фон)	4,87	4,55	4,71	1,41	42,7	-
Фон + 1 т/га ФГ	5,16	4,94	5,05	1,75	53,0	7,2
Фон + 2 т/га ФГ	5,23	5,01	5,12	1,82	55,2	8,7
Фон + 3 т/га ФГ	5,26	4,98	5,12	1,82	55,2	8,7
1 т/га ФГ	3,57	3,61	3,59	0,29	8,8	8,8
2 т/га ФГ	3,62	3,70	3,66	0,36	10,9	10,9
3 т/га ФГ	3,64	3,75	3,70	0,40	12,1	12,1

Внесение НРК 10:26:26 увеличивало урожай зерна озимой пшеницы по сравнению с контрольным вариантом на 1,41 т/га, или на

42,70%. Применение НРК 10:26:26 + 1 т/га ФГ обеспечило прибавку урожая 1,75 т/га, или 53%, НРК 10:26:26 + 2 т/га ФГ, так же как НРК 10:26:26+

3 т/га ФГ прибавка составила 1,82 т/га, или 55,2%. В сравнении с фоновым вариантом при внесении возрастающих доз ФГ в сочетании с NPK прибавки урожая зерна озимой пшеницы составили 7,2%, 8,7 и 8,7% соответственно (табл. 4).

При внесении возрастающих доз ФГ было важно оценить возможное их воздействие на обмен веществ растений, что могло бы сказаться на формировании показателей качества зерна пшеницы. Оптимизация норм внесения ФГ и их сочетания с минеральными удобрениями на низкогумусных слабокислых дерново-подзолистых почвах - одно из основных условий рационального выбора системы питания посева, которое позволит получить не только высокий урожай зерна, но и высокие показатели его качества. При этом должен быть исключен риск ухудшения параметров плодородия, загрязнения почвы и зерна элементами - загрязнителями.

Отметим, что только ФГ без минеральных удобрений также создает благоприятные условия для биосинтеза белка. Во всех вариантах повышение содержания белка было достоверным. Как и в случае с белком, наименьшее содержание клейковины в зерне - 22,3% содержалось в контрольном варианте, в вариантах с применением ФГ показатель увеличился на 0,8-1,1%. При использовании NPK 10:26:26 содержание клейковины возросло на 1,9%, а на фоне NPK 10:26:26+ с ФГ в зависимости от дозы мелиоранта на 2,1-2,2% больше в сравнении с контролем. Наибольшее содержание клейковины отмечалось в варианте NPK 10:26:26 + 2 т/га ФГ и NPK 10:26:26 + 3 т/га ФГ и равнялось 24,5%.

В опыте стекловидность зерна озимой пшеницы была наименьшая - 68% в контрольном варианте. В вариантах с применением ФГ показатель был на 23% больше. При применении NPK 10:26:26 стекловидность зерна увеличивалась на 3%, на фоне NPK 10:26:26 + ФГ в зависимости от дозы ФГ на 4-7% больше. Наибольшая величина стекловидности отмечалась в условиях NPK 10:26:26 + 3 т/га ФГ и равнялась 75%.

Определение натуры зерна показало, что наименьшее значение её было в варианте NPK 10:26:26 и NPK 10:26:26 + 1 т/га ФГ составляло 819 г/л. В варианте NPK 10:26:26 + 2 т/га ФГ натура

зерна на 1 г больше, в варианте NPK 10:26:26 + 3 т/га ФГ на 4 г больше, в варианте 1т/га ФГ ещё на 2 г больше.

Наибольшее значение натуры зерна озимой пшеницы было установлено в контрольном варианте и равнялось 827 г/л.

В 2021 году выявленные в предыдущем году исследования были аналогичными. Применение минеральных удобрений и ФГ обусловило повышение содержания белка с 11,8% до 13,2%. Применение NPK в сочетании с ФГ увеличивало содержание белка в зерне в сравнении с контролем на 1,1-1,2%, наибольшее величина показателя отмечалась в варианте NPK + 1 или 2 т/га ФГ и соответствовала 13,0%. Применение только ФГ обеспечило способствовало повышению белковости зерна до 13,2%. Выявленная разница по содержанию белка была достоверной..

Как и в случае с белком, наименьшее содержание клейковины в зерне - 22,9% содержалось в контрольном варианте без применения удобрений. При применении ФГ показатель увеличился на 2,5-3,2%. Внесение NPK в сочетании

с ФГ обусловило формирование зерна с содержанием клейковины в зависимости от дозы ФГ на 2,5-2,6% больше в сравнении с контролем. Наибольшее содержание клейковины отмечалось в варианте NPK 10:26:26 + 32 т/га ФГ и равнялось 26,1%.

В опыте стекловидность зерна озимой пшеницы была наименьшая - 70% в контрольном варианте. В вариантах с применением ФГ показатель был на 34% больше. При внесении NPK + ФГ в зависимости от дозы ФГ стекловидность была 4-5% больше. Достоверной разницы по стекловидности зерна между вариантами с NPK и NPK+ФГ не выявлено.

Содержание и сбор белка с единицы площади являются важными характеристиками эффективности удобрений. Проведённый анализ в разрезе этих двух показателей свидетельствует, что каждый по сравнению с контролем из изучаемых доз внесения минеральных удобрений и ФГ существенно увеличивал оба показателя по сравнению с контролем (табл.5).

Таблица 5

## Качество зерна озимой пшеницы (в среднем за 2020- 2021 гг)

Вариант	Содержание белка в среднем за 2 года, %	Прибавка к контролю, %	Сбор белка ц/га	Прибавка	
				ц/га	%
Контроль (б/у)	11,7	–	3,86	-	-
НРК 10:26:26 (фон)	12,5	0,8	5,89	2,03	52,6
Фон + 1 т/га ФГ	12,8	1,1	6,46	2,60	67,4
Фон + 2 т/га ФГ	12,8	1,1	6,55	2,69	69,7
Фон + 3 т/га ФГ	12,8	1,1	6,55	2,69	69,7
1 т/га ФГ	12,3	0,6	4,41	0,55	14,3
2 т/га ФГ	12,5	0,8	4,58	0,72	18,7
3 т/га ФГ	12,5	0,8	4,63	0,77	20,0

В среднем за два года все применяемые дозы ФГ увеличивают как содержание белка в зерне, так и его сбор с урожаем зерна озимой пшеницы. Наибольшие значения сбора белка отмечены при внесении полного минерального удобрения и 2 и 3 т/га ФГ и составили 6,55 ц/га, что 11,2% выше в сравнении с фоновым вариантом. Особо отметим, что внесение небольших доз ФГ обеспечивает прибавку сбора белка 14,3%, 18,7 и 20,0% в зависимости от дозы.

Показатель масса 1000 зерен используется при оценке выполненности и крупности зерна: чем крупнее зерно, тем лучше оно выполнено. Чем больше масса 1000 зерен, тем плотнее зерно, тем больше в нем содержание питательных веществ. Определение технологических качеств зерна в 2020 году показало, что наименьшая масса 1000 зёрен была в контрольном варианте - 45,2 г, при применении ФГ независимо от дозы масса 1000 зёрен была на 0,8 г больше, при использовании НРК +1 т/га ФГ показатель был ещё на 0,5 г больше. Наибольшая величина показателя- 46,9 г отмечена в вариантах НРК, НРК+ 2 и 3 т/га ФГ.

Определение природы зерна показало, что наименьшее значение её было в варианте НРК 10:26:26 и НРК 10:26:26 + 1 т/га ФГ и составляла 819 г/л. В варианте НРК 10:26:26 + 2 т/га ФГ натура зерна на 1 г больше, в варианте НРК 10:26:26 + 3 т/га ФГ на 4 г больше, в варианте 1т/га ФГ ещё на 2 г больше.

Наибольшее значение природы зерна озимой пшеницы было установлено в контрольном варианте и равнялось 827 г/л.

Определение технологических качеств зерна в 2021 году показало, что в сравнении с предыдущим годом показатель несколько ниже, однако выявленные закономерности сохраняются. Наименьшая масса 1000 зёрен была в контрольном варианте – 42,1 г, при применении ФГ независимо от дозы масса 1000 зёрен была на 2,3-2,4 г больше, при использовании НРК +1 т/га ФГ показатель был ещё на 1,0 г больше. Наибольшая величина

показателя – 45,3 г отмечена в вариантах НРК+ 2 и 3 т/га ФГ и составляла 45,3 и 45,5 г.

Определение природы зерна в 2021 году, показало, что существенной разницы в вариантах не выявлено. Показатель незначительно колебался в пределах 789 - 794 г/л.

В среднем за два года установлено, что фосфогипс, как в сочетании с минеральными удобрениями, так и только самостоятельно, положительно и значительно влияет на формирование технологических качеств зерна. В сравнении с контролем масса 1000 зерен увеличивается на 6-8%.

Таким образом, применение ФГ на дерново-подзолистой слабокислой почве способствует реализации потенциала урожайности, вследствие улучшения условий для роста и развития растений озимой пшеницы.

## Литература

1. Окорков В.В. Фосфогипс и его использование в земледелии // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сб. докладов XV Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». 2020. С. 277-282.
2. Аканова, Н.И. Эффективность фосфогипса, как химического мелиоранта и минерального удобрения на урожайность подсолнечника и кукурузы в условиях выщелоченного чернозема Краснодарского края/ Н.И. Аканова, А.Х. Шеуджен, М.М. Визирская//Нива Поволжья. - 2018. - № 2 (47). - С. 40-49.
3. Шершнев, О.В. Оценка воздействия отходов фосфогипса на компоненты окружающей среды //Экологический вестник – 2016.– №2 (36).– С. 97-103.
4. Цховребов, В.С. Влияние фосфогипса и удобрений на содержание элементов питания в черноземе южном и урожайность озимой пшеницы/ В.С. Цховребов, А.Б. Умаров, В.И. Фаизова, Л.А.

Сенькова, А.А. Новиков//Земледелие. 2019. № 7. С. 15-17.

5.Докучаева, Л.М. Использование фосфогипса и фосфогипсосодержащих мелиорантов для мелиорации солонцовых почв в условиях орошения//Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова, О.Ю. Шалашова// Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Электрон. журн.: РосНИИПМ, 2012. – № 3(07). 13 с

6.Нигматзянов А.С. Использование фосфогипса в сельском хозяйстве для улучшения свойств почвы // Modern Science. 2020. № 6-4. С. 186-190.

7.Некрасов, Р.В. Перспективы применения фосфогипса, как химического мелиоранта, в земледелии Российской Федерации// Р.В. Некрасов, Н.И. Аканова, А.Х. Шеуджен, М.М. Визирская//Международный сельскохозяйственный журнал. 2019.- №6 (372).- С. 93- 98.

8.Калининченко В.П. Эффективное использование фосфогипса в земледелии// Питание растений. 2017. №1. С. 2-33.

9.Аканова, Н.И. Эффективность применения фосфогипса на темно-каштановых почвах в посевах подсолнечника/ Н.И. Аканова, Л.Н. Дубровских, К.Е. Денисов //Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 1 (379). С. 7-11.

10.Некрасов, Р.В. Агроэкономические и экологические аспекты химической мелиорации засоленных почв/ Р.В. Некрасов, А.Х., Шеуджен, Р.Ф. Байбеков, Н.И. Аканова, С.И. Шкуркин // Земледелие. 2021. № 8. С. 3-7.

#### References

1.Okorkov V.V. Phosphogips and its use in agriculture // Actual problems of soil science, ecology and agriculture. Sat. reports of the XV International Scientific and Practical Conference of the Kursk Branch of the Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev. 2020. P. 277-282.

2.Akanova N.I., Sheudzhen A.Kh., M.M. Efficiency of phosphogypsum as a chemical ameliorant and mineral fertilizer on the yield of sunflower and corn in the conditions of leached chernozem of the Krasnodar region. Vizirskaya//Niva Povolzh'ya. - 2018. - № 2 (47). - P. 40-49.

3.Shershnev, O.V. Assessment of the impact of phosphogypsum waste on environmental components// Ekologicheskii vestnik – 2016.– No. 2 (36).– S. 97-103.

4.Tskhovrebov, V.S. Influence of phosphogypsum and fertilizers on the content of nutrients in southern chernozem and yield of winter wheat / V.S. Tskhovrebov, A.B. Umarov, V.I. Faizova, L.A. Senkova, A.A. Novikov. 2019. № 7. S. 15-17.

5.Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu. Scientific Research Institute of Land Reclamation Problems. Electron. Journal: RosNIIPM Publ., 2012. – № 3(07). 13 p.

6.Nigmatzyanov A.S. Ispol'zovanie phosphogipsa v sel'skogo khozyajstvo dlya improvsheniya sobstvennosti pochty [Use of phosphogypsum in agriculture to improve soil properties]. 2020. № 6-4. P. 186-190.

7.Nekrasov R.V., Akanova N.I., Sheudzhen A.Kh., Vizirskaya M.M. Prospects for the use of phosphogypsum as a chemical ameliorant in agriculture of the Russian Federation. 2019.- No6 (372).- P. 93- 98.

8.Kalinichenko V.P. Effective use of phosphogypsum in agriculture. 2017. №1. S. 2-33.

9.Akanova N.I., Dubrovskikh L.N., Denisov K.E. Effektivnost' primeniya phosphogipsa na temno-chestnutnykh pochakh v sozhenakh podsolnechnika [Effectiveness of phosphogypsum application on dark chestnut soils in sunflower crops]// International Agricultural Journal. 2021. № 1 (379). S. 7-11. 10. Nekrasov R.V., Sheudzhen A.Kh., Baibekov R.F., Akanova N.I., Shkurkin S.I. Agroecological and Ecological Aspects of Chemical Melioration of Saline Soils. 2021. № 8. S. 3-7.

# Евразийский Союз Ученых. Серия: междисциплинарный

Ежемесячный научный журнал

№ 10 (108)/2023 Том 1

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Макаровский Денис Анатольевич**

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

• **Штерензон Вера Анатольевна**

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

• **Зыков Сергей Арленович**

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

• **Дронсейко Виталий Витальевич**

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

• **Синьковский Антон Владимирович**

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

• **Карпенко Юрий Дмитриевич**

AuthorID: 338912

Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью ФМБА, Лаборатория эколого-гигиенической оценки отходов (Москва), доктор биологических наук.

• **Ильясов Олег Рашитович**

AuthorID: 331592

Уральский государственный университет путей сообщения, кафедра техносферной безопасности (Екатеринбург), доктор биологических наук

• **Глазунов Николай Геннадьевич**

AuthorID: 297931

Самарский государственный социально-педагогический университет, кафедра философии, истории и теории мировой культуры (Москва), кандидат философских наук

• **Штерензон Владимир Александрович**

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович  
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:  
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А  
E-mail: [info@euroasia-science.ru](mailto:info@euroasia-science.ru) ;  
[www.euroasia-science.ru](http://www.euroasia-science.ru)

Учредитель и издатель ООО «Логика+»  
Тираж 1000 экз.