

МЕЛИОРАЦИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**Шабанов В.В.**, доктор технических наук

Российский государственный аграрный университет (Московская сельскохозяйственная академия) им. К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** В статье рассматриваются возможности расширения функций мелиорации земель в условиях изменения климата. Обращается внимание на необходимость управлять продуктивностью не только сельскохозяйственных земель, но и продуктивностью природных экосистем, усиливая депонирование углерода, воспроизводство кислорода и дистиллированной воды при транспирации.*

***Ключевые слова:** изменение климата, объёмы фотосинтезирующей биомассы, депонирование углерода, дефицит кислорода, управление продуктивностью экосистем, фитомелиорация, лесомелиорация, мелиорация водосбора, экосистемная мелиорация*

LAND RECLAMATION IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE**Shabanov V.V.**, Doctor of Technical Sciences

Russian State Agrarian University (Moscow Agricultural Academy) named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

***Abstract.** The article discusses the possibilities of expanding the functions of land reclamation in the context of climate change. Attention is drawn to the need to manage the productivity of not only agricultural lands, but also the productivity of natural ecosystems, enhancing carbon deposition, oxygen reproduction and distilled water during transpiration.*

***Keywords:** climate change, photosynthetic biomass volumes, carbon deposition, oxygen deficiency, ecosystem productivity management, phytomelioration, forest reclamation, watershed reclamation, ecosystem reclamation*

Введение

На современном этапе развития цивилизации, использование климатических изменений в целях получения односторонних преимуществ, для одних стран, в ущерб другим, недопустимо. Зацикленность на «избытке» углерода в современной атмосфере односторонняя. Избыток CO₂ вызван не только, да и не столько, использованием углеродного топлива, сколько недостаточным объёмом фотосинтезирующей биомассы на Земле, т.е. недостаточным поглощением углерода зелёными растениями. В целях исправления этого положения в России законодательно выделили ещё один вид мелиорации - фитомелиорацию.

Последние исследования Проблемной лаборатории РГАУ [6;7;8] показали, что важным аспектом последствий изменения климата может быть не только избыток углекислого газа, но и возможный недостаток кислорода в атмосфере. Это может произойти в период, когда для существующих экосистем условия будут уже неоптимальными, а новые экосистемы ещё не успеют создаться и в полной мере

производить кислород. Поэтому целесообразно создание мелиоративных систем, адаптирующих природные и антропогенные биоценозы к новым условиям.

В связи с этим возникает необходимость развития мелиорации (мелиорация – управление по уму, один из вариантов буквального перевода) природных экосистем или экосистемной мелиорации. Это направление начало развиваться ещё в конце прошлого века учёными Московского гидромелиоративного института (Айдаров И.П., Голованов А.И., Шабанов В.В., Орлов И.С. и др.), Тимирязевской академии (Дубенок Н.Н.), Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (Маслов Б.С., Рекс Л.М., Добрачев Ю.П., Кирейчева Л.В., Юрченко И.Ф., Исаева С.Д.) и рядом других.

Дальнейшее развитие такого направления может позволить, в условиях изменения климата, создавать технологии не только производящие сельскохозяйственную продукцию, но и интенсифицирующие поглощение углерода и воспроизводство кислорода на Земле.

Методология. Для однозначности понимания представленной работы, обозначим основные термины.

Мелиорация экосистем (Экосистемная мелиорация) – интеллектуализированный процесс управления нелинейной и стохастической (в пространстве и во времени) природно-антропогенной экологической системой, для получения биологической продукции, депонирования углерода, воспроизводства кислорода, и воссоздания дистиллированной воды в атмосфере.

Адаптация – управление во время переходного процесса, результатом которого является сохранение выходных параметров сложной системы. Для экологических систем одним из таких параметров может быть биомасса. Для Мировой экологической системы – сохранение содержания кислорода в нижних слоях атмосферы на уровне 20-21%, в каждой точке планеты

Устойчивость экосистемы при изменении условий внешней среды - процесс саморегулирования, позволяющий сохранять критические параметры системы. В данной ситуации, критическими параметрами являются: концентрация углекислого газа и кислорода в атмосфере, которая может быть достигнута стабильным депонированием углерода, воспроизводством кислорода и дистиллированной воды в процессе фотосинтеза. Все это необходимо для жизни человека. Даже незначительные колебания концентрации кислорода ($\pm 2\%$) могут привести к существенному ухудшению здоровья человека [1].

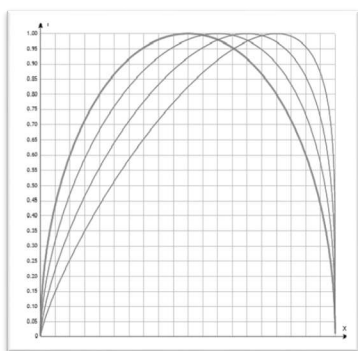
В связи с тем, что биологическим источником кислорода на Земле является фотосинтез (зелёные растения, водоросли и цианобактерии), уменьшение «зеленой» биомассы, которое сейчас наблюдается во многих регионах планеты, может быть опасным для жизни человека.

До недавнего времени считалось, что 75-80 % кислорода на Земле производят фотосинтезирующие организмы морей и океанов. В настоящее время, в связи с загрязнением, возможным изменением солёности (таяние ледников), происходит «замена» фотосинтезирующих элементов в океане, и доля «океанического» кислорода может сократиться до 50%.

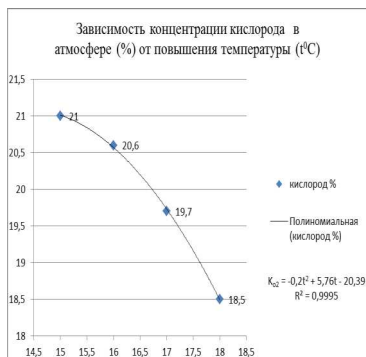
Существует суждение [4], что кислорода в атмосфере накоплено так много, что в ближайшие 100 лет, недостатка в нем не будет. Вместе с тем [3], человеческий организм состоит на 65% из кислорода, источник которого находится в окружающем воздухе, а концентрация его зависит от температуры, давления воздуха, упругости водяного пара в нем, геодезической высоты местности, загрязнённости воздуха и пр. Поэтому, даже при относительно стабильном общем содержании кислорода в атмосфере, концентрация его в каждой локальной точке может быть недостаточной [2]. Все зависит от фотосинтезирующей биомассы окружающих экосистем.

Результаты. Для иллюстрации, проведём качественную оценку зависимости суммарной биомассы от изменения «средней годовой температуры» в атмосфере (рис. 1а). В качестве математической модели можно использовать «зависимость продуктивности растений от факторов внешней среды» [4].

Если предположить, что концентрация «биологического» кислорода линейно связана с количеством фотосинтезирующей биомассы, можно построить зависимость влияния изменения «глобальной температуры» на концентрацию кислорода (рис. 1б).



а



б

Рисунок 1 - Расчет изменения концентрации кислорода на Земле при изменении глобальной температуры

По оси Y - относительная продуктивность («биомасса» экосистемы – S).

По оси X – температура (средняя по слою атмосферы) от 10 до 20 град С.

Центральная кривая - существующее положение с оптимумом 15 град С. (0.5 по оси X).

Правые кривые - последовательное изменение температур оптимума на 1,2,3 град С.

Площадь под кривыми – интегральная масса «живого вещества» на Земле, в том числе, и автотрофов.

Предполагается, что количество воспроизводимого кислорода O₂ при фотосинтезе, пропорционально биомассе.

1. Площадь под центральной кривой, рис 1а, ($t_{opt}=15^{\circ}C$) = (100%) – концентрация кислорода = 21% O_2

2. Площадь под первой правой кривой ($t_{opt}=16^{\circ}C$) =98%; - концентрация кислорода =20,6% O_2 , при изменении на +1 $^{\circ}C$

3. Площадь под второй правой кривой ($t_{opt}=17^{\circ}C$)=94% - концентрация кислорода =19,74% O_2 , при изменении на +2 $^{\circ}C$

4. Площадь под третьей правой кривой ($t_{opt}=18^{\circ}C$) $400-118=282$; $282/321=0.88$ (88%). 21% O_2 *0.88= 18.5% содержания O_2 в воздухе при изменении на +3 $^{\circ}C$.

Оценка качества воздуха приведена в таблице 1. Результаты расчётов, показанные на рисунке 1б.

Таблица 1 Изменение концентрации кислорода в атмосфере в период перестройки экосистем при увеличении глобальной температуры

Изменение температуры $^{\circ}C$	Концентрация кислорода в воздухе %	Убыль концентрации кислорода в воздухе; %	Качество воздуха
+0	21	0	Воздух высокого качества
+1	20.6	- 0.4	Воздух города
+2	19.7	- 0.9	Кислородное голодание
+3	18.5	- 1.2	Опасно для здоровья

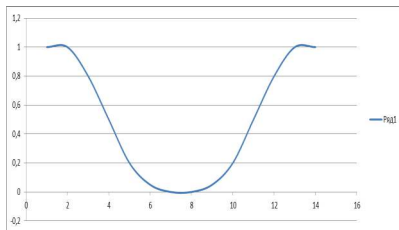
Следует отметить, что в конечном итоге существующие системы через 6-8 лет могут быть заменены новыми, для которых изменённые условия будут оптимальны, но эти 6-8 лет концентрация кислорода будет ниже допустимой нормы для человека. Все это приводит к выводу, что построение инженерных систем, создающих оптимальный водный, тепловой и пищевой режимы для существующих и новых (интродуцированным) фотосинтезирующих объектов, является благом для всего человечества.

Кроме того, по прогнозам Института водных проблем РАН [6] изменение климата в России будет проявляться в виде увеличения годового стока (практически везде, кроме южных областей ЕТР). Вместе с тем, прогнозируется перераспределение долей годовых осадков между тёплыми и холодными периодами (сейчас 75% на 25%, а будет 50% на 50%). Зимние осадки увеличатся, увеличится весенний сток, увеличится опасность водной эрозии, увеличится увлажнённость территорий природных экосистем.

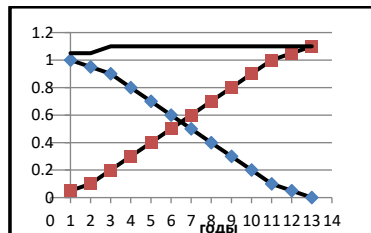
Учитывая все это, целесообразно проанализировать траектории изменения во времени относительной биомассы существующих и будущих экосистем в период изменения климата. На рисунке 2 показаны траектории изменения относительной биомассы. На рисунке 2а траектории изменения биомассы без экосистемной мелиорации, а на рисунке 2б при мелиорации экосистем существующих и будущих.

Быстрое исчезновение существующих экосистем, в первую очередь фотосинтезирующих растений, за счёт появления экстремальных погодных явлений: краткосрочные, но интенсивные засухи, ливни, повышение

неравномерности выпадения осадков, перераспределение долей выпадения осадков между тёплым и холодным периодами (сейчас 0,75/0,25, прогнозируется 0,50/0,50).



а - без мелиорации экосистем



б - при мелиорации экосистем:

восходящая кривая – заменяющие экосистемы; нисходящая – существующие; верхняя линия – суммарная биомасса при регулировании

Рисунок 2 - Изменение биомассы экосистем при изменении климата (ордината относительная биомасса; абсцисса – годы)

Результат – создание временных неоптимальных условий для существующих экосистем, которые угнетают фотосинтез, и недостаточная продолжительность изменённых условий для создания новых экосистем с новыми фотосинтезирующими автотрофами.

Выводы. В связи с этим целесообразно использовать весь арсенал, имеющихся у мелиорации средств (табл. 1), для стабилизации фотосинтезирующей биомассы.

Развитие экосистемной мелиорации во всем мире, в эпоху изменения климата, поможет стабилизировать изменяющиеся условия и снизить отрицательные эффекты, связанные с борьбой за ресурсы, миграцией, снижением депонирования углерода и выделения кислорода при фотосинтезе.

На этой основе целесообразно создать системы поддержки принятия решений о вводе неиспользуемых мелиорируемых объектов на основе нейросетевых технологий. Это поможет предсказывать вызовы и прогнозировать результаты. При этом реализуется взаимосвязь экосистемной мелиорации с ноосферным преобразованием (восстановлением) природы. Предлагается рассматривать такой подход, как основу для прогноза развития научно-технического прогресса мелиоративной отрасли.

Таблица 1 - Развитие мелиорации в условиях изменения климата

Вид мелиорации	Объекты и направления управления	Эффективность (экономическая, социальная, экологическая, климатическая, экосистемные услуги)	Необходимые действия до 2025
7. Мелиорация водосбора (2023-2050)	Экосистемы ландшафтных катен водосборов, экологические сети частично или полностью, расположенные на водосборе	Сохранение и восстановление экологических сетей, поддержание экосистем высокого ранга. Развитие экосистемного водопользования на водосборе	Создание экспертной системы по обоснованию необходимости и эффективности комплексного управления наземными и водными и экосистемами водосборов в условиях изменения климата
6. Экосистемная мелиорация (2023 – 2050)	С-х растения + почвенная биота + природные экосистемы, деградирующие при изменении климата	Сохранение существующих экосистем и переход на управляемую сукцессию, в случае катастрофических сценариев	Разработка концепции действий для различных сценариев изменения климата. (Концепция развития экосистемной мелиорации)
5. Лесомелиорация (2023-2030)	Деревья и кустарники на сельскохозяйственных землях	Увеличение интенсивности депонирования углерода и «производства» кислорода	Создание углеродных полигонов на сельскохозяйственных землях, включая мелиорируемые
4. Точная мелиорация (2023-2030)	С-х растения + создание оптимальных условий для почвенной биоты	Получение экологически чистой сельскохозяйственной продукции, сохранение и увеличение плодородия почв	Разработка методов и технологий для систем точного земледелия
3. Комплексная мелиорация (2023-2027)	С-х растения в условиях неоптимального водного, солевого и теплового режима	Получение высоких урожаев с-х растений	Реконструкция и перевод гидромелиоративных систем в системы точного мелиоративного регулирования
2. Фитомелиорация (2023 – 2028)	С-х растения + восстановление почвенной биоты	Получение с-х продукции и начало восстановления почвенной биоты	Подбор растений с мелиоративным режимом, способствующим более интенсивному восстановлению почвенной биоты
1. Гидромелиорация (2023-2025)	с-х растения на осушаемых и орошаемых землях	Получение с-х продукции	Реконструкция и перевод в системы комплексных мелиораций

Список использованных источников

5. Атмосфера и здоровье // Земля и Вселенная. – 2009. – № 3. – С. 27-36. – EDN KDMBAD. https://uk-cert.ru/news/soderzhanie_kisloroda_v_atmosfere_informatsiya_dlya_gazospasateley/ (дата обращения 06.10.23)
6. Гинзбург, А.С. Содержание кислорода в атмосфере крупных городов и проблемы дыхания / А.С. Гинзбург, А.А. Виноградова, Е.И. Фёдорова, Е.В. Никитич, А.В. Карпов. - 2014 г.
7. Голицын Г.С., Гранберг И.Г., Ефименко Н.П., Поволоцкая Н.П. Атмосфера и здоровье. <https://meteoinfo.ru/meteo-medic/2918-meteo-med-golicin> (дата обращения 18.11.23)
8. Голованов, А.И. Природообустройство: учебник / А.И. Голованов, Ф.М. Зимин, Д.В. Козлов, И.В. Корнеев, В.В. Шабанов и др.; под редакцией Голованова А.И. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 560 с. – ISBN 978-5-8114-1807-7. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64328> (дата обращения: 19.11.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Замолодчиков, Д.Г. Кислород - основа жизни / Д.Г. Замолодчиков // Вестник российской академии наук. – 2006. – Т. 76. - № 3. - С 209-218.
10. Насонова, О.Н. Глобальные оценки изменения составляющих водного баланса суши в связи с возможным изменением климата / О.Н. Насонова, Е.М. Гусева, Е.Э. Ковалева, Е.А. Шурхно // ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ. – 2021. – Т. 48. - № 4. - С. 361–377.
11. Никольский Ю.Н. Методика оценки влияния глобального изменения климата на урожайность сельскохозяйственных культур. https://www.timacad.ru/uploads/files/20221028/1666949625_razr_MOVIK.pdf (дата обращения 17.11.23)
12. Шабанов, В.В. Мелиорация – инструмент адаптации к процессам изменения климата / В.В. Шабанов, Н.Н. Дубенок // Международная конференция «Изменение климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования. Климат 2023» 9-13 октября 2023. Сборник тезисов докладов. – Физматкнига, 2023. - 246 с. ISBN 987-5-89155-397-2.
13. Шабанов, В.В. Экосистемная мелиорация, как источник инновационного развития / В.В. Шабанов, Н.Н. Дубенок // Наука в инновационном процессе: Материалы II Международной научно-практической конференции, Москва, 30 ноября – 1 декабря 2022 г. - М.: ИПРАН РАН, 2023. - 229 с. ISBN 978-5-91294-185-6

References

1. Atmosphere and health // Earth and the Universe. - 2009. – No. 3. – pp. 27-36. – EDN KDMBAD. https://uk-cert.ru/news/soderzhanie_kisloroda_v_atmosfere_informatsiya_dlya_gazospasateley / (accessed 06.10.23)
2. Ginzburg, A.S. Oxygen content in the atmosphere of large cities and respiratory problems / A.S. Ginzburg, A.A. Vinogradova, E.I. Fedorova, E.V. Nikitich, A.V. Karpov. - 2014
3. Golitsyn G.S., Granberg I.G., Efimenko N.P., Povolotskaya N.P. Atmosphere and health. <https://meteoinfo.ru/meteo-medic/2918-meteo-med-golicin> (accessed 18.11.23)
4. Golovanov, A.I. Environmental management: textbook / A.I. Golovanov, F.M. Zimin, D.V. Kozlov, I.V. Korneev, V.V. Shabanov, etc.; edited by Golovanov A.I. – 2nd ed., ispr. and add. – St. Petersburg: Lan, 2015. – 560 p. – ISBN 978-5-8114-1807-7. – Text: electronic // Lan : electronic library system. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64328> (date of access: 11/19/2023). – Access mode: for authorization. users.
5. Zamolodchikov, D.G. Oxygen - the basis of life / D.G. Zamolodchikov // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. – 2006. – Vol. 76. - No. 3. - From 209-218.
6. Nasonova, O.N. Global estimates of changes in the components of the land water balance in connection with possible climate change / O.N. Nasonova, E.M. Guseva, E.E. Kovaleva, E.A. Shurkhno // WATER RESOURCES. – 2021. – Vol. 48. - No. 4. - pp. 361-377.
7. Nikolsky Yu.N. Methodology for assessing the impact of global climate change on crop yields. https://www.timacad.ru/uploads/files/20221028/1666949625_razr_MOVIK.pdf (accessed 17.11.23)

8. Shabanov, V.V. Melioration – an instrument of adaptation to the processes of climate change / V.V. Shabanov, N.N. Dubenok // International conference "Climate change: causes, risks, consequences, problems of adaptation and regulation. Climate 2023" October 9-13, 2023. Collection of abstracts. – Physics book, 2023. - 246 p. ISBN 987-5-89155-397-2.

УДК 631.811

DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.89.66.033

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО НА ПОСЕВАХ РИСА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕ

Шеуджен А.Х., доктор биологических наук, академик РАН

Бондарева Т.Н., кандидат сельскохозяйственных наук

Верещакова А.А.

Хачмамук П.Н.

ФГБНУ «ФНЦ риса», г. Краснодар, Российская Федерация

***Аннотация.** Изучена агроэкологическая эффективность фосфогипса нейтрализованного при применении в качестве мелиоранта и поликомпонентного удобрения на посевах риса. Экспериментально доказана возможность использования фосфогипса нейтрализованного для оптимизации условий минерального питания рисового агроценоза и улучшения агропроизводственных свойств почв. Установлено, что наибольший эффект достигается при внесении фосфогипса в количестве 4 т/га.*

***Ключевые слова:** мелиорация, фосфогипс нейтрализованный, поликомпонентное удобрение, рис*

EFFICIENCY OF USING NEUTRALIZED PHOSPHOGYPSUM ON RICE CROPS WHEN GROWN ON MEADOW-CHERNOZEM SOIL

Sheudzhen A.Kh., Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences

Bondareva T.N., Candidate of Agricultural Sciences

Vereschakova A.A.

Khachmamuk P.N.

FSBSI «Federal Scientific Rice Centre», Krasnodar, Russian Federation

***Abstract.** The agroecological effectiveness of phosphogypsum neutralized when used as a meliorant and a multicomponent fertilizer on rice crops has been studied. The possibility of using neutralized phosphogypsum to optimize the conditions of mineral nutrition of rice agrocenosis and improve the agro-productive properties of soils has been experimentally proven. It was found that the greatest effect is achieved when phosphogypsum is applied in an amount of 4 t/ha.*

***Key words:** reclamation, neutralized phosphogypsum, polycomponent fertilizer, rice*

Введение. При выращивании риса почва находится в затопленном состоянии на протяжении 100-110 дней. Это обуславливает значительные потери элементов питания растений со сбросными и фильтрационными водами и оказывает