

УДК 631.6.02

МЕЛИОРАЦИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Шабанов В.В. д.т.н., проф., научный руководитель «Проблемной лаборатории по разработке теоретических основ управления водным, солевым и тепловым режимами мелиорируемых земель». 515vvsh@gmail.com. Российский государственный аграрный университет (Московская сельскохозяйственная академия) им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

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.

Введение.

На современном этапе развития цивилизации, использование климатических изменений в целях получения односторонних преимуществ, для одних стран, в ущерб другим, недопустимо. Заикленность 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 мелиорации¹ природных экосистем или экосистемной мелиорации. Это направления 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 производство кислорода на Земле.

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

Мелиорация² 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 «зеле-

² Мелиорация – управление по уму (один из вариантов буквального перевода)

ной» 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.

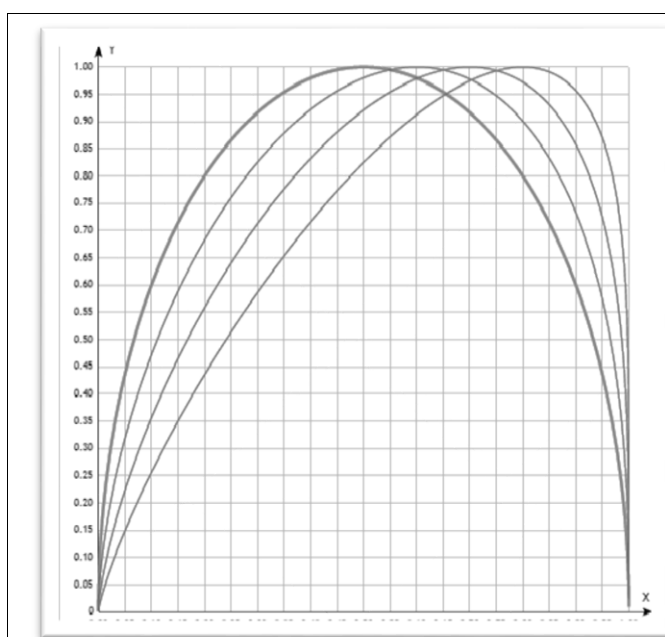


Рис 1а

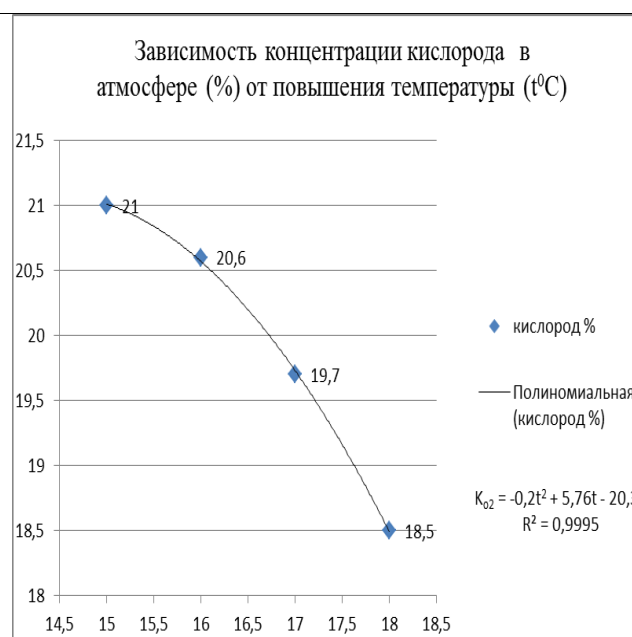


Рис 1б

Рис 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 авторофов.

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% O₂
2. Площадь под первой правой кривой ($t_{opt}=16^{\circ}C$) =98%;- концентрация кислорода =20,6% O₂, при изменении на +1°C
3. Площадь под второй правой кривой ($t_{opt}=17^{\circ}C$) = 94% концентрация кислорода = 19,74 % O₂, при изменении на +2°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 O₂ в воздухе при изменении на +3°C .

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

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

Изменение температуры °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

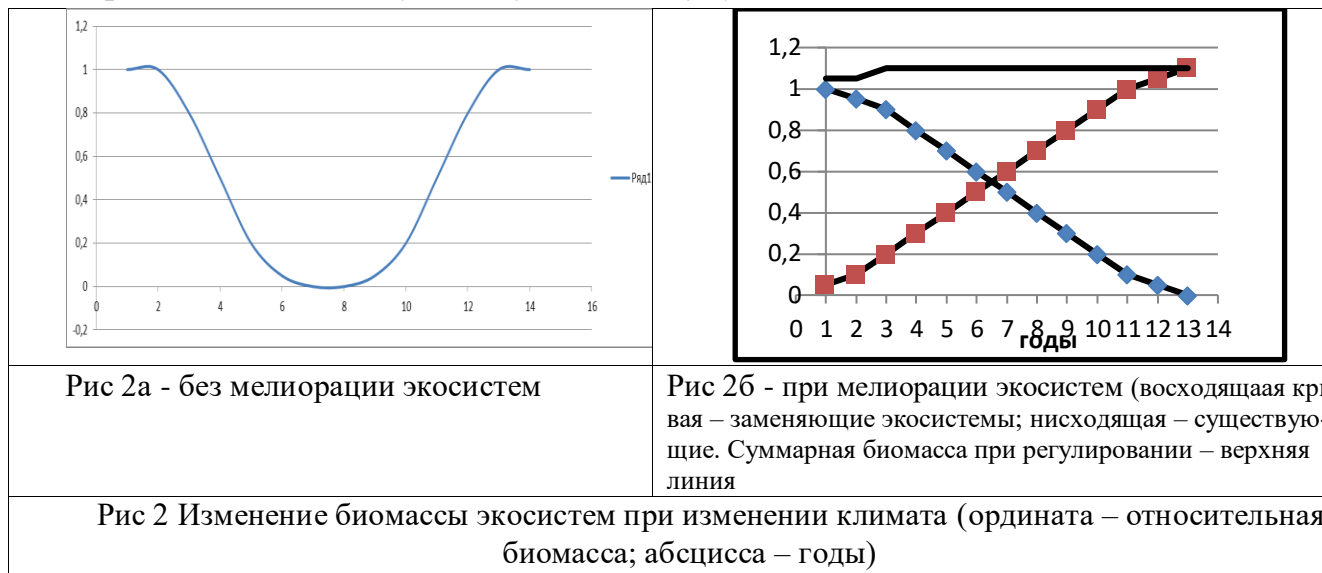
Следует отметить, что в конечном итоге существующие системы, через 6-8 лет могут быть заменены новыми, для которых изменённые условия будут оптимальными, но эти 6-8 лет концентрация кислорода будет ниже допустимой нормы для человека.

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 тёплым 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 рис 2 показаны траектории изменения относительной биомассы. На рис 2а траектории изменения биомассы без экосистемной мелиорации, а на рис. 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).

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.

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 гидроиригационных 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

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.

Литература

1. Атмосфера и здоровье Земля и Вселенная. – 2009. – № 3. – С. 27-36. – EDN KDMBAD. https://ukcert.ru/news/soderzhanie_kisloroda_v_atmosfere_informatsiya_dlya_gazospasateley/ (дата обращения 06.10.23)
2. Гинзбург А.С., А.А. Виноградова, Е.И. Фёдорова, Е.В. Никитич, А.В. Карпов. Содержание кислорода в атмосфере крупных городов и проблемы дыхания. 2014 г.
3. 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)
4. 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.
5. Замолодчиков Д. Г. Кислород - основа жизни. Вестник российской академии наук том 76, № 3, 2006. С 209-218
6. Насонова О.Н. и др. Глобальные оценки изменения составляющих водного баланса суши в связи с возможным изменением климата. 2021 г. О. Н. Насонова, Е. М. Гусева, Е. Э. Ковалева, Е. А. Шурхно. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, 2021, том 48, № 4, с. 361–377
7. 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)
8. Шабанов В.В, Дубенок Н.Н. Мелиорация – инструмент адаптации к процессам изменения климата. 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.
9. Шабанов В.В. Дубенок Н.Н. Экосистемная мелиорация, как источник инновационного развития. 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