



**Мелиорация - инструмент
адаптации к процессам
изменения климата**

Авторы сообщения

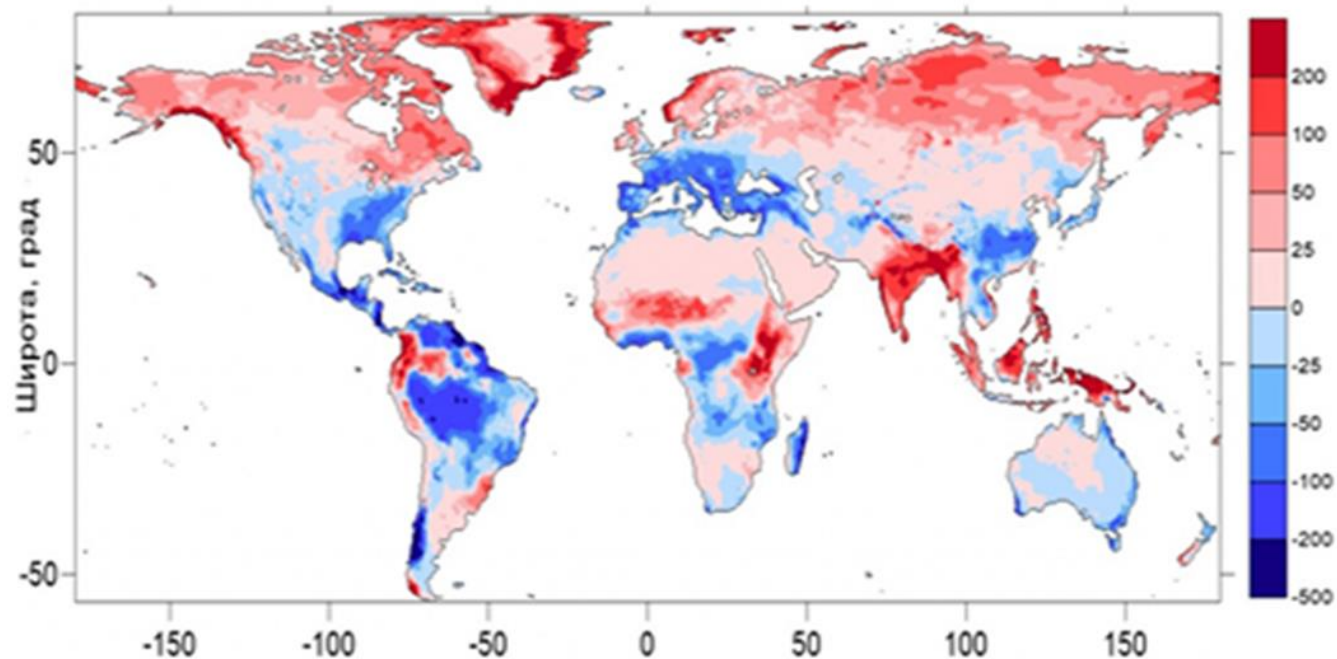
- Шабанов В.В. д.т.н., проф., почётный работник высшего профессионального образования, научный руководитель «Проблемной лаборатории по разработке теоретических основ управления водным, солевым и тепловым режимами мелиорируемых земель».
515vvsh@gmail.com
- Дубенок Н.Н. д.с-х. н., проф., академик РАН, член Президиума РАН, зав. каф. сельскохозяйственных мелиораций.
ndubenok@mail.ru
- Российский государственный аграрный университет (Московская сельскохозяйственная академия) им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Основные понятия

- **Мелиорация** – управление по уму (буквальный перевод)
- **Адаптация** – управление во время переходного процесса, результатом которого является сохранение выходных параметров сложной системы.
- Для Мировой экологической системы – сохранение содержания кислорода в атмосфере на уровне 20-21%
- **Устойчивость** экосистемы при изменении условий внешней среды – процесс саморегулирования, позволяющий сохранять критические параметры системы.
- В данной ситуации – стабильное воспроизводство кислорода и дистиллированной воды в процессе фотосинтеза.

Изменение поверхностного стока при изменении климата

Мировая карта климатического изменения стока (ГГО и ИВП).

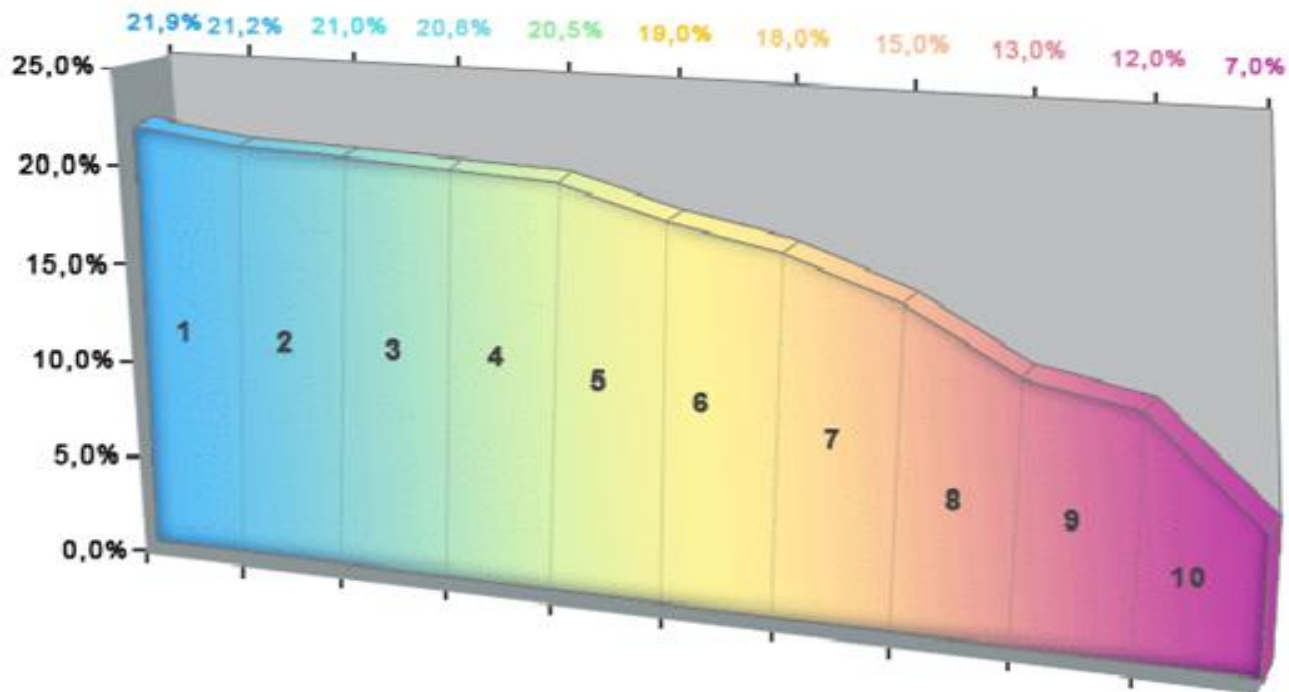


Матрица сценариев изменения гидротермических параметров климата.

W0+36; T0-36			W0+36; T0			W0+36; T0+36
			W0+26; T0			
			W0+16; T0	РФ		
W0; T0-36	W0; T0-26	W0; T0-16	W0; T0	W0; T0+16	W0; T0+26	W0; T0+36
			W0-16; T0			
			W0-26; T0		США	Бразилия Европа
W0-36; T0-36			W0-36; T0		Бразилия Европа	W0-36; T0-36

Критерии адаптации

- Поддержание содержания кислорода в воздухе в диапазоне: 21% -- 20,5%
- Влияние снижения концентрации кислорода на человека
- https://uk-cert.ru/news/soderzhanie_kisloroda_v_atmosfere_informatsiya_dlya_gazospasateley/
(дата обращения 06.10.22)

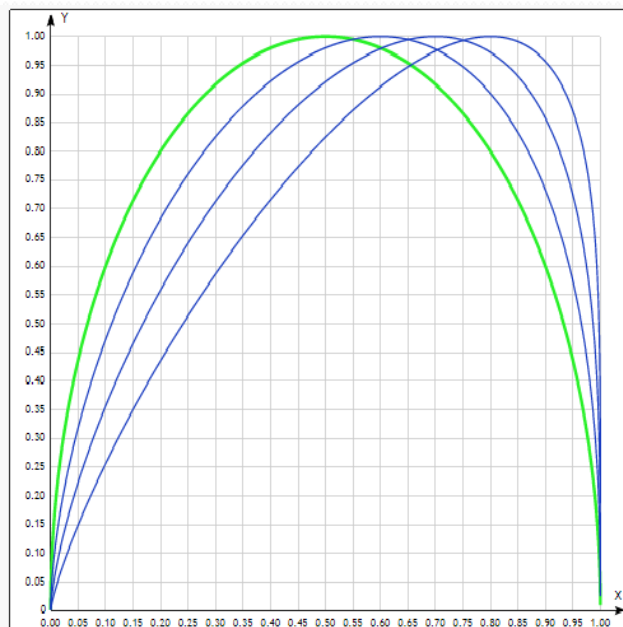


Расчёт изменения концентрации кислорода от сокращения фотосинтеза при повышении температуры атмосферы

Связь содержания кислорода в атмосфере с биомассой автотрофов при изменении «глобальной» температуры

Зависимость относительной продуктивности автотрофа от фак...

Расчет изменения концентрации кислорода от сокращения фотосинтеза при повышении температуры атмосферы



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

По оси X – температура (средняя по слою атмосферы) от 10 до 20⁰C.

Зеленая кривая существующие положение с оптимумом 15⁰C. (+/- 5 по оси X)

Синие кривые - последовательное изменение температур оптимума на 1,2,3⁰C.

Площадь под кривыми – интегральная масса «живого

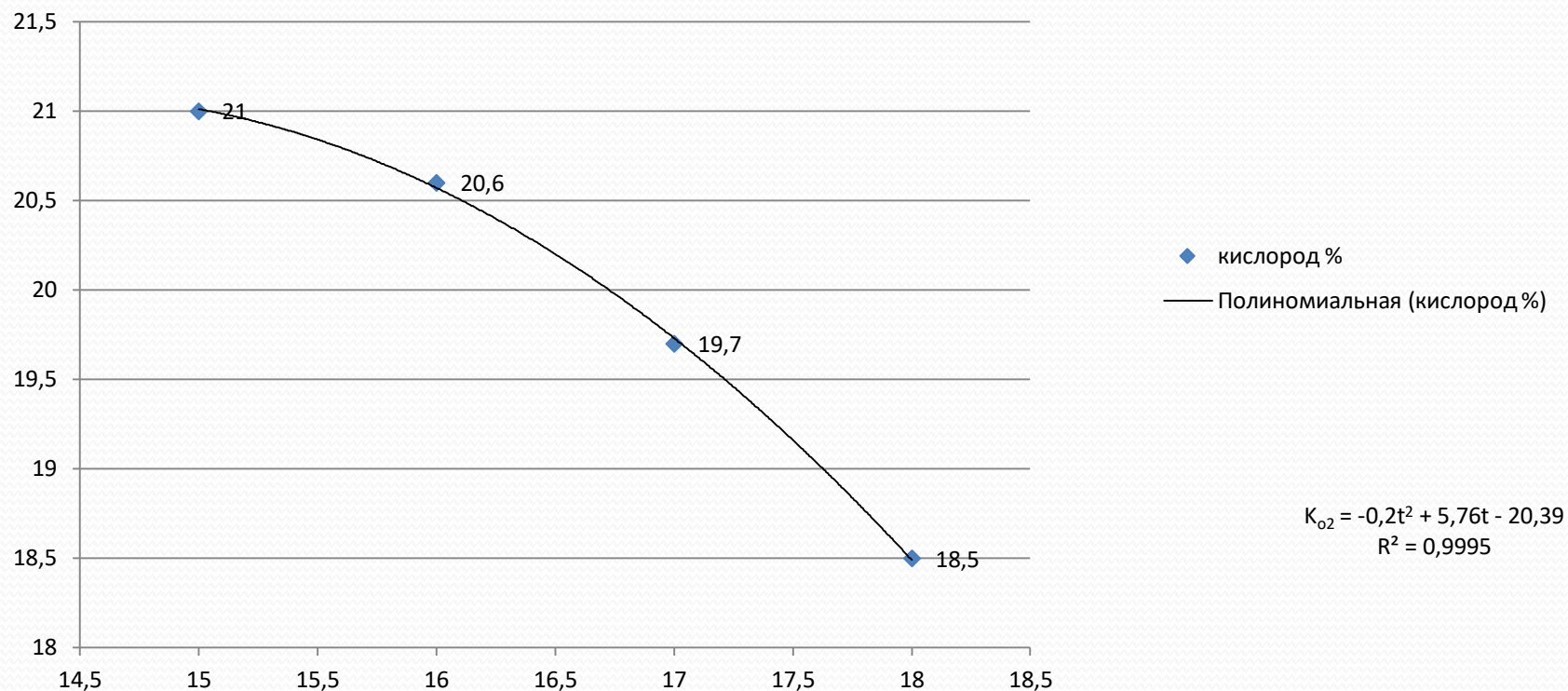
вещества» на Земле, в том числе, и автотрофов.

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

Влияние уменьшения количества автотрофов в экосистемах на качество воздуха

Изменение температуры °С	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	Недостаточный уровень содержания кислорода
+3	18.5	- 1.2	Опасный уровень. (Быстрая утомляемость, сонливость, снижение умственной активности, головные боли).

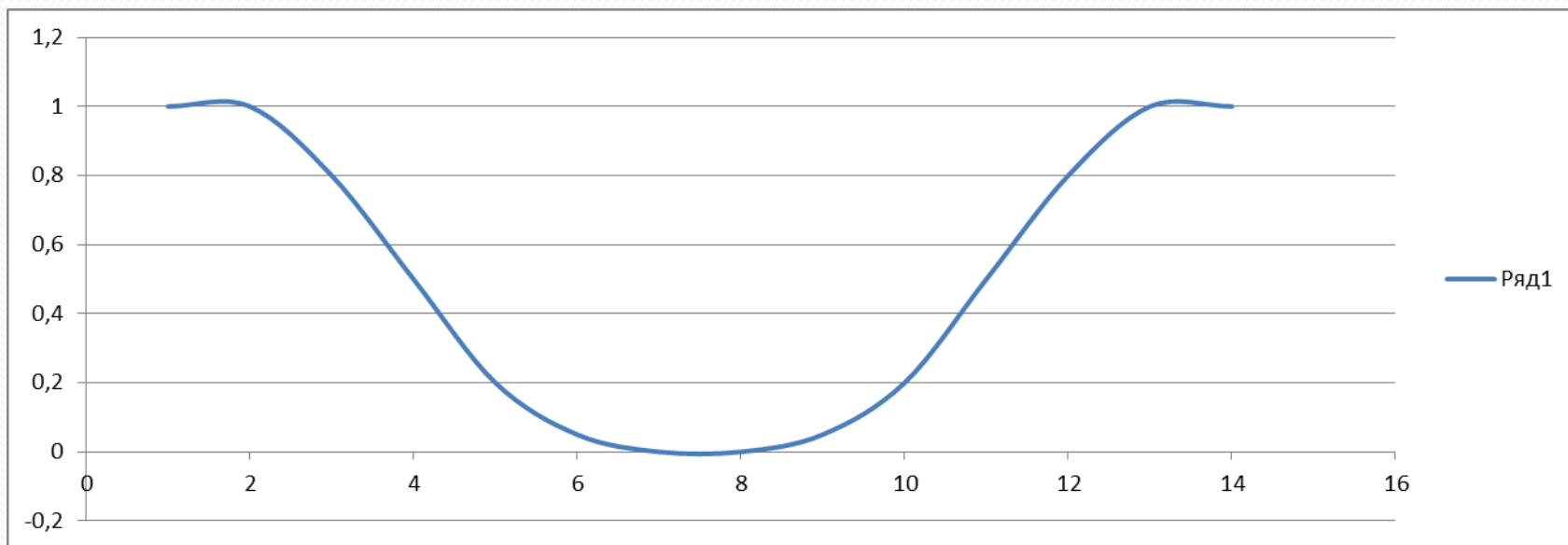
Зависимость концентрации кислорода в атмосфере (%) от изменения глобальной температуры (град С)



Причины уменьшения O₂ и увеличения CO₂ при изменении условий внешней среды

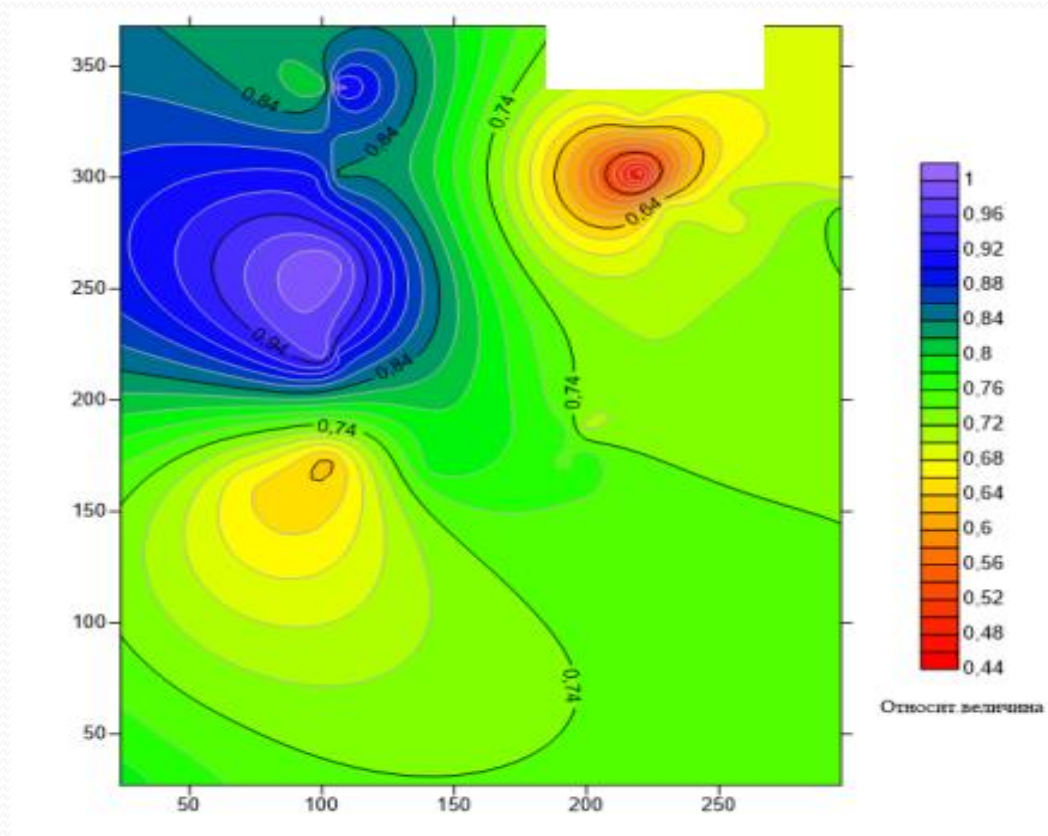
- Быстрое исчезновение существующих экосистем, в первую очередь фотосинтезирующих растений, за счёт появления экстремальных погодных явлений: краткосрочные, но интенсивные засухи, ливни, повышение неравномерности выпадения осадков, перераспределение долей выпадения осадков между тёплым и холодным периодами (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.

Изменение относительной биомассы экосистемы (ордината). Левая ветвь кривой – существующие экосистемы. Правая ветвь – рост биомасс экосистем создающихся при новых климатических условиях в течении n - лет.



Экспериментальные данные неравномерного (за счёт краевых эффектов) распределения атмосферных осадков по полю, приводящее к неравномерности продуцирования биомассы (наземной и подземной) и к неравномерному поглощению CO₂ и продуцированию O₂.

https://www.timacad.ru/uploads/files/20230403/1680528716_MINVAO.pdf (дата обращения 07.10.23)



Учёт ландшафтной неоднородности

Расположение агрогидрологических районов на ландшафтной катене (материалы к обучению нейросети).

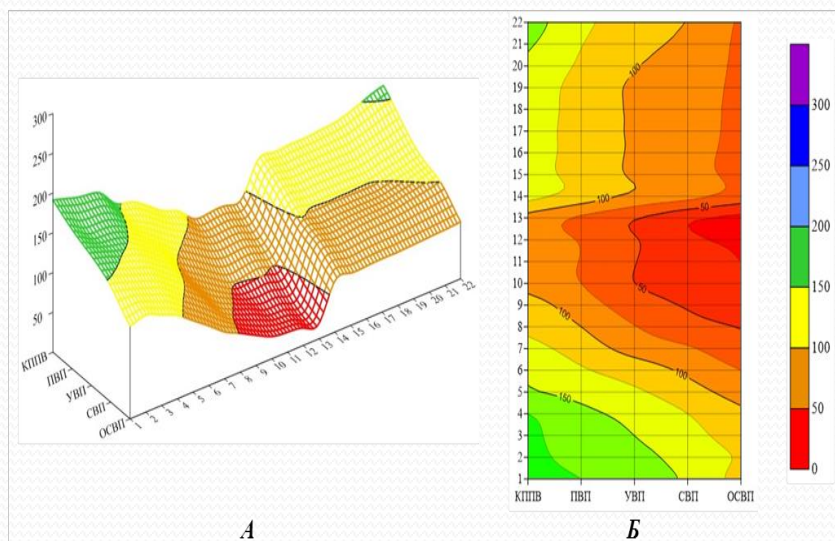
агрогидрологические районы [4] расположены по катене в следующем порядке: 1-ОБВ; 2-МКУ; 3-ПКУ; 4-ВИУ; 5-КППВ; 6-ПВП; 7-УВП; 8-СВП; 9-ОСВП [2].



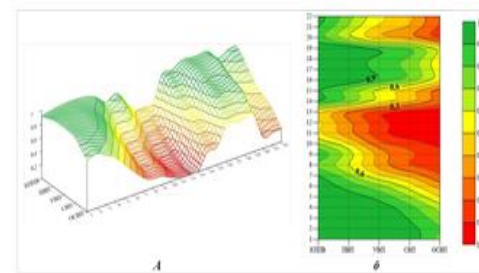
Рисунок 1 – Расположение агрогидрологических районов по катене

Ландшафтная неоднородность.

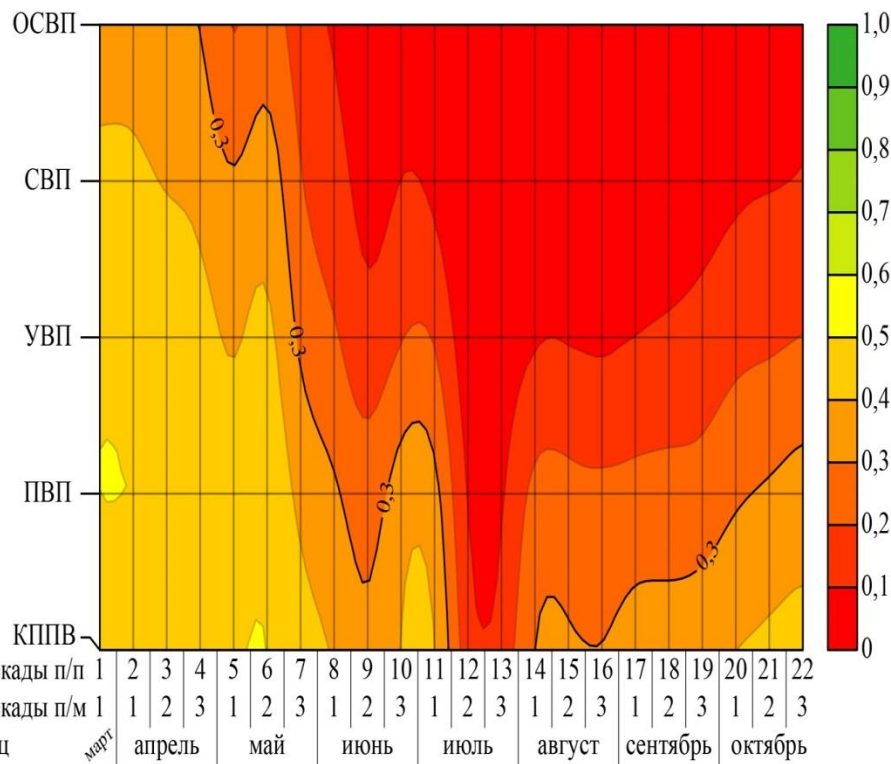
Распределение по ландшафтной катене влагозапасов почвы (базы данных влагозапасов) [рис 1] и относительной продуктивности (биомассы) наземной и подземной биоты (базы знаний) [рис. 2]. Учитывая, что в биомассе доля углерода составляет 45% (от 11 до 78) можно оценить долю депонирования углерода, воспроизводства кислорода и дистиллированной на 1 га посевов.



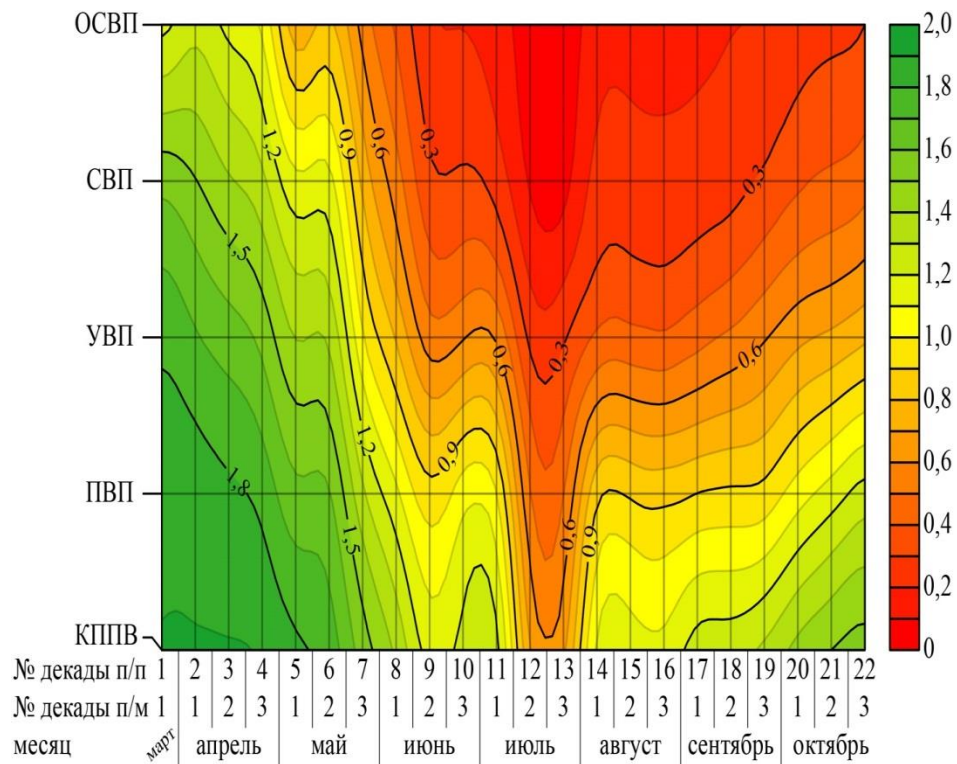
Продуктивность зерновых по агрогидрологическим районам:
а - поверхность; б - карта (материалы для распознавания образов при обучении нейросети)



Продуктивность растения и депонирование углерода биотой



Карта потенциального депонированного углерода пшеницей по АГР Саратовской области. По оси абсцисс – время в декадах, по оси ординат - агрогидрологические районы (ландшафтные элементы)



Карта изменения относительной суммарной продуктивности озимой пшеницы и почвенной биоты во времени по АГР Саратовской области. По оси абсцисс – время в декадах, по оси ординат - агрогидрологические районы (ландшафтные элементы)

Схема принятия решений при оценке комплексной эффективности проведения мелиорации (экономическая + социальная + экологическая + климатическая)

Блок-схема принятия решений

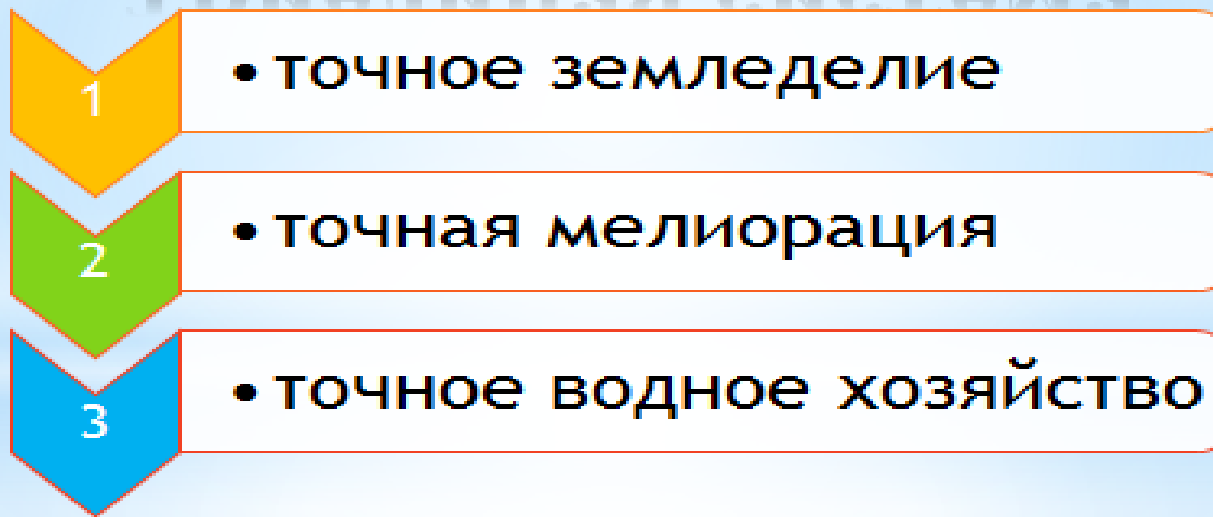


Виды мелиорации для адаптации к климатическим изменениям

Вид мелиорации	Объекты и направления управления	Эффективность (экономическая, социальная, экологическая, климатическая – экосистемные услуги).	Необходимые действия до 2025 г
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 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. 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
2. Комплексная мелиорация (2023-2027)	с-х растения в условиях неоптимального водного, долевого и теплового режима	Получение высоких урожаев с-х растений.	Реконструкция и перевод в системы точного мелиоративного регулирования
1. Гидромелиорация (2023-2025)	с-х растения на осушаемых и орошаемых землях	Получение с-х продукции.	Реконструкция и перевод в системы комплексных мелиораций

Реализация мелиорации сельскохозяйственной экосистемы

триединая система



путь к созданию природоподобной системы
оптимального управления водными ресурсами на
водосборе

- Изменение климата (прогнозы различных организаций – ГГО; ИВП; ФАО пр.) и их применимость для мелиорации и водного хозяйства.
- Влияние изменений климата на с-х производство и на экосистемы.
- Особенности изменений условий внешней среды и обоснование необходимости мелиорации (макро-мезо-микро масштабные мелиорации).
- Схема принятия решений при построении: «комплексных» – «точных» – «экосистемных» мелиораций.
- Критерии эффективности (экономический – экологический - социальный – нравственный).
- Необходимость изменения в законах (добавление в формулировку термина – «плодородие», учёт требований почвенной биоты, оплата сохранения плодородия, охрана почвенных вод и почвенного пространства - «почвенных водохранилищ»)
- Роль экосистемных мелиораций в условиях изменения климата (биомасса наземная и подземная, депонирование углерода, «производство» кислорода при фотосинтезе и дистиллированной воды при транспирации).
- Мелиорация (защита) экосистем – управление сменой автотрофов при изменении климата.
- Мелиорация водосбора, как комплекс связанных экосистем. Ландшафтное планирование на водосборе.
- Экосистемное водопользование и природопользование изменяющихся экосистем.
- Необходимые действия: изменение в законах; подготовка «Концепции развития мелиорации в условиях изменения климата»; разработка «Методических указаний по экспертизе проектов экосистемной мелиорации»; подготовка «Схемы развития мелиорации экосистем и водного хозяйства на водосборах рек, в условиях изменения климата России и в сопредельных странах».

Механизмы действия

- оплата плодородия (необходимо изменение в нормативных документах формулировки плодородия на – «свойство почвы создавать благоприятные условия для роста и развития растений *и почвенной биоты*»)
- оплата экологических эффектов (сохранность целостности экосистемы, сохранения и преумножения почвенной биоты, создания оптимальных условий для сохранения природных экосистем)
- депонирование углерода путем интенсификации фотосинтеза,
- создание карбоновых полигонов на мелиорируемых землях,
- «подстройка» экосистем к условиям изменения климата для максимизации биологической продукции и увеличения объемов депонирования углеродного следа

- **Дополнительные материалы**

Зависимость относительной продуктивности автотрофа от фактора внешней среды

Функция описывающая однофакторные требования растений была получена в работе [Шабанов, 1981]:

$$S = \left(\frac{\varphi^*}{\varphi_{opt}^*} \right)^{\gamma \times \varphi_{opt}^*} \times \left(\frac{1 - \varphi^*}{1 - \varphi_{opt}^*} \right)^{\gamma \times (1 - \varphi_{opt}^*)}$$
$$S = Y/Y_{max} \qquad \varphi^* = \frac{(\varphi - \varphi_{min}^*)}{(\varphi_{max}^* - \varphi_{min}^*)}$$

где S – относительная продуктивность растений; φ^* - относительное значение фактора среды, φ_{opt}^* - оптимальное относительное значение фактора, φ – фактическое значение фактора; φ_{min}^* – нижняя относительная граница экологической ниши по рассматриваемому фактору; φ_{max}^* – верхняя относительная граница экологической ниши; γ – коэффициент саморегуляции растений, показывающий отношение растений к рассматриваемому фактору ($\gamma < 1$ – растения не требовательно к фактору, $\gamma > 1$ – высокая требовательность растений растения).

Данная функция хорошо отражает физиологические особенности реакции растений на изменение фактора среды, что позволяет определить границы зон требований: оптимальную; адаптации; выживания, о которых говорилось выше, но без функциональной зависимости определить их не было возможности.

Выполненные исследования

- Расширенные тезисы - https://www.timacad.ru/uploads/files/20230906/1693990156_M-IAIK.pdf
- Разработки Проблемной лаборатории - <https://www.timacad.ru/about/struktura-universiteta/nauchnye-podrazdeleniia/problemnaia-laboratoriia/razrabotki-laboratorii>
- Работы акад. Дубенка НН в https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=315062
- Работы проф. Шабанова В.В. в https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=195937