

Общая экология

Тема 10-4

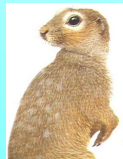
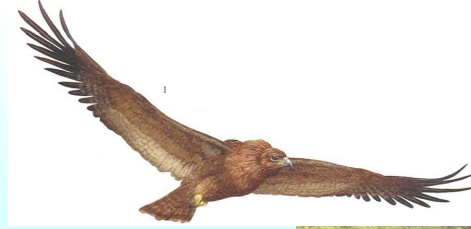
Основные биомы суши и их характеристика (зональные травянистые экосистемы)

ВОПРОСЫ К СЕМИНАРУ:

1. Характеристика отдельных биомов (распространение, климат, рельеф, почвы, растительный и животный мир, биоразнообразие и продуктивность, трофические отношения, закономерности биокруговорота, устойчивость, экологические проблемы...):
 - 1.1. Степи, прерии, пампа;
 - 1.2. Пустыни, полупустыни.

2. Распределенные модели динамики органического вещества почв (настройка параметров по аналитическим стационарным решениям).

Степи, прерии, пампа



Распространены во внутриконтинентальных регионах Евразии (степи), Северной (прерии) и Южной (пампасы) Америки за пределами 30° параллели в субтропическом и умеренном климатических поясах с **контрастными условиями** – суровой снежной зимой (кроме пампы) и жарким засушливым летом при среднегодовой норме осадков порядка **250-400мм** и более. Доминирует травянистая **злаковая** растительность (ковыль, типчак, овсяница, тонконог, костер, житняк, бородачи), степное разнотравье (шалфей, тимьян, полынь...), иногда **кустарники** (спирея, карагана, степная вишня, можжевельник). Продуктивность и биоразнообразие достаточно высокие, но сдерживаются периодически неблагоприятными факторами – засухой в летнее время и холодными температурами зимой, в результате чего в жизни степных сообществ возникают периодические **биопаузы**. Общая фитомасса варьирует от **100 до 300 ц/га** при значительной 15-30% доли ассимилирующих органов и **очень высокой (до 70-80% и более)** доли корней. Степь – «лес вверх ногами». Основное количество органического вещества и биофильных элементов аккумулируется **в почвах**, отличающихся наивысшим уровнем плодородия (**черноземы, каштановые почвы степей..**). Поэтому в настоящее время подавляющее большинство степей распахано и отведено под выращивание хлебных злаков.

Степи, прерии, пампа

Прирост (чистая первичная продуктивность) несколько меньше чем в саваннах **40-150 ц/га год**. Близки к этим величинам и запасы подстилки (**30-150 ц/га**), что указывает сбалансированный круговорот органики на поверхности почвы с удельной скоростью деструкции мортмассы (**$k \sim 1 \text{ год}^{-1}$**). При этом значительная доля **корней в опаде (50-60% и более)** способствует усиленной гумификации in situ и формированию мощных гумусовых горизонтов (1м и более), согласно растительно-наземной теории происхождения черноземных почв (Ломоносов, Докучаев). Проникновение **корней глубоко в почву (1-2 м)** в поисках зимних запасов влаги, наряду с роющей деятельностью многочисленных почвенных животных способствовало глубокой биогенной трансформации материнской породы в процессе почвообразования. В черноземных почвах аккумулируется до **7000-8000 ц/га** и более **органического углерода** в виде гумусовых веществ (сравнить с фитомассой влажных тропических лесов (3000-5000 до 17000 ц/га). Подобное «богатство» делает степные экосистемы **весьма устойчивыми** (в отличие от гилей) и продуктивными. Поэтому настоящее время подавляющее большинство степей и прерий распаханы и используются в сельском хозяйстве как основные ресурсы производства зерновых.

В прошлом естественные степи занимали большие площади в Евразии и Америке. В них водились стада крупных и средних **животных-фитофагов** (бизоны, степные зубры, туры, тарпаны и мустанги, сайгаки, джейраны, гуанако, пампасный олень), которые наряду с **обильными грызунами** (зайцы, сурки-байбаки, суслики, хомяки, луговые собачки, вискаша, цокор, слепушонка, гоферы, туко-туко..), разнообразными **птицами** (дрофа, стрепет, нанду, шалфейный тетерев, тинаму, перепела, куропатки..), **насекомыми** (саранча, кузнечики, муравьи-семеноеды...), **дождевыми червями**, почвенными животными-детритофагами активно потребляли наземную и подземную фитомассу, детрит, семена и корневища растений, удобряя и разрыхляя почву. Их численность контролировалась **хищными животными и птицами** крупных и средних размеров, приспособленных к **быстрому перемещению на больших открытых пространствах** (серый волк, койот, лисица, гривистый волк, манул, большой муравьед, хорь, горноста́й, колонок, беркут, степной орел, каракара, луни, курганник, пустельга..) наряду с пресмыкающимися (гремучие змеи, гадюки) и насекомыми (хищные муравьи, богомолы, жужелицы, земляные осы...). Контрастный климатический режим выработал у животного мира степей адаптивные реакции в виде миграций (крупные копытные, птицы), сезонного анабиозиса (зимней спячки грызунов и пресмыкающихся), укрытия в глубоких норах (грызуны, насекомые, почвенные беспозвоночные).

Круговорот веществ в степных экосистемах достаточно интенсивный, при этом депонирующая функция из фитомассы перешла в основном в почву. Запас биофильных элементов в фитома́ссе близок к таковому в саваннах (до **1000-1200 кг/га** в **высокотравных** степях и прериях и **350-600 кг/га** в **низкотравных** сухих степях), тогда как только в **метровой** толще чернозема сосредотачивается в **ППК 5000-10000 кг/га** катионов биофильных элементов. В фитомассе основная доля биофильных элементов локализуется в **корнях (70-80% и более)**. Среди элементов доминируют кремний, азот (100-300 кг/га), кальций, натрий, сера, хлор (при засолении). **Экологические проблемы** – антропогенная деградация почв при распашке (отрицательный гумусовый баланс, ветровая и водная эрозия, (пыльные бури, байраки, техногенное загрязнение, слитизация, потеря структуры, поглотительной и водоудерживающей способности)), засухи, деградация степных рек, уничтожение коренной флоры (ковыльные степи) и фауны (бизоны, тарпаны, мустанги, сайгаки, дрофа, крупные хищные птицы). Проблема восстановления плодородия черноземов в свете концепций их генезиса (вред теорий «осадочного происхождения» и «стабильного гумуса»). Пастбища (пампа) лучше пашни для почв (**20г/м²/год** гумусовых веществ в заповедной степи и пастбище и лишь 7-8 на пашне). Будущее – в сочетании и чередовании животноводства, полеводства и заповедных режимов. **Тип круговорота: Азотно-кремниевый степной, среднезольный, среднепродуктивный, интенсивный (Si > N (Ca, Na, S, Cl)).**

Модель динамики органофиля чернозема по классической концепции Докучаева (Смагин, 2001)

Объемная концентрация

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - q \frac{\partial C}{\partial z} - kC + R \exp(-bz)$$

Диффузия (дисперсия)

Конвекция

Корневой опад

Биодеструкция

$$-D \frac{\partial C}{\partial z} + qC \Big|_{z=0} = L$$

Растительный опад на поверхности

$$C(z) = \left[\frac{2L}{\left(\sqrt{q^2 + 4kD} + q\right)} - \frac{2R(bD + q)}{\left(k - Db^2 - bq\right)\left(\sqrt{q^2 + 4kD} + q\right)} \right] \times \exp\left[-\left(\frac{\sqrt{q^2 + 4kD} - q}{2D}\right)z\right] + \frac{R}{k - Db^2 - bq} \exp(-bz) + C_0$$

$$C(z) = A \exp(-mz) + B \exp(-bz) + C_0$$

Аппроксимационная модель для стационарного органофиля

$$D = \frac{L(m - b) - (R/B)(A + B)}{(A + B)(b^2 - m^2) + (m - b)(am + Bb)}$$

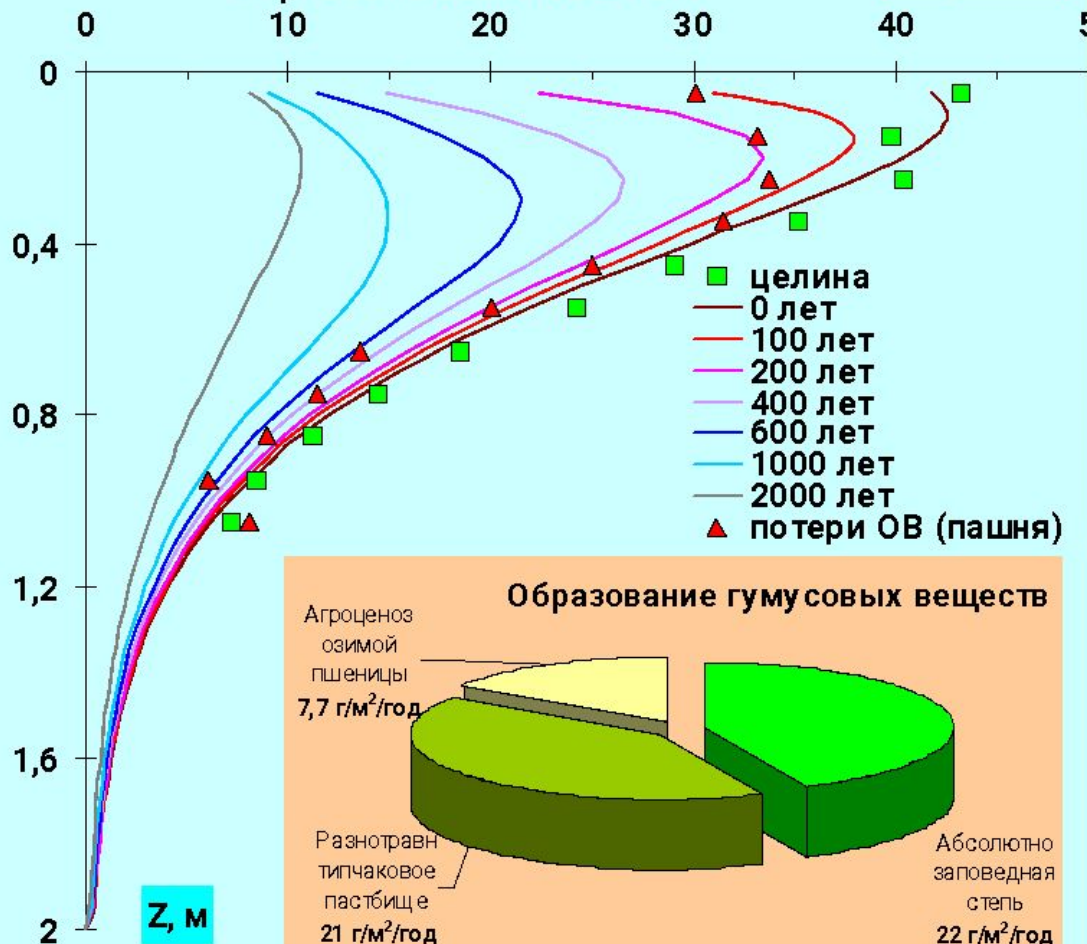
Аналитическое решение стационарного варианта

$$q = \frac{L - D(Am + Bb)}{(A + B)}, \quad k = (R/B) + Db^2 + bq$$

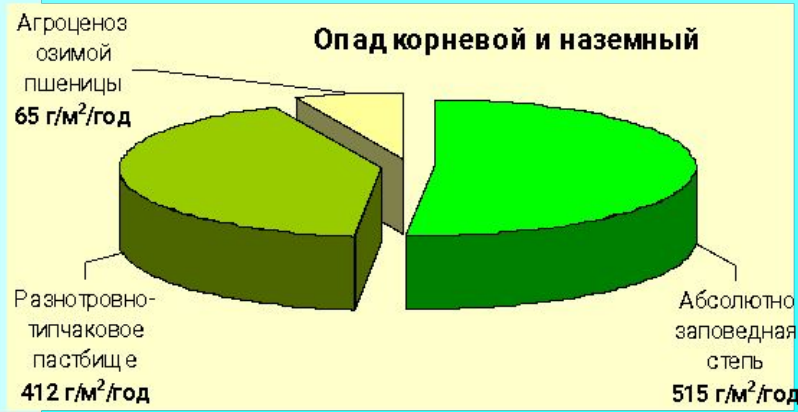
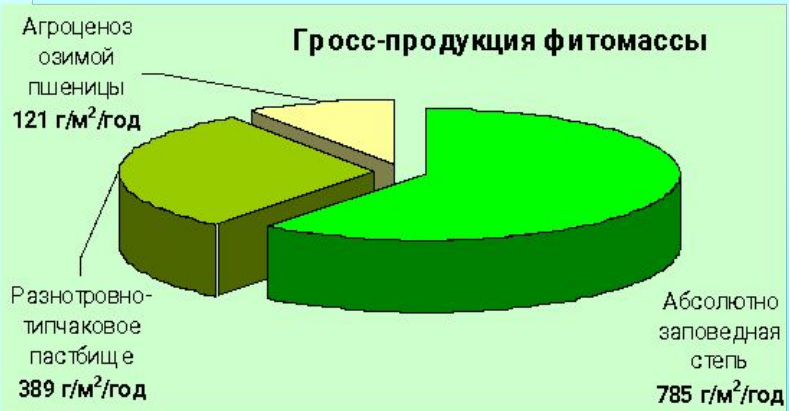
Расчет параметров модели по стационарному органофилю (обратная задача)

Моделирование динамики органического углерода почв при их с/х освоении (Смагин, 2001)

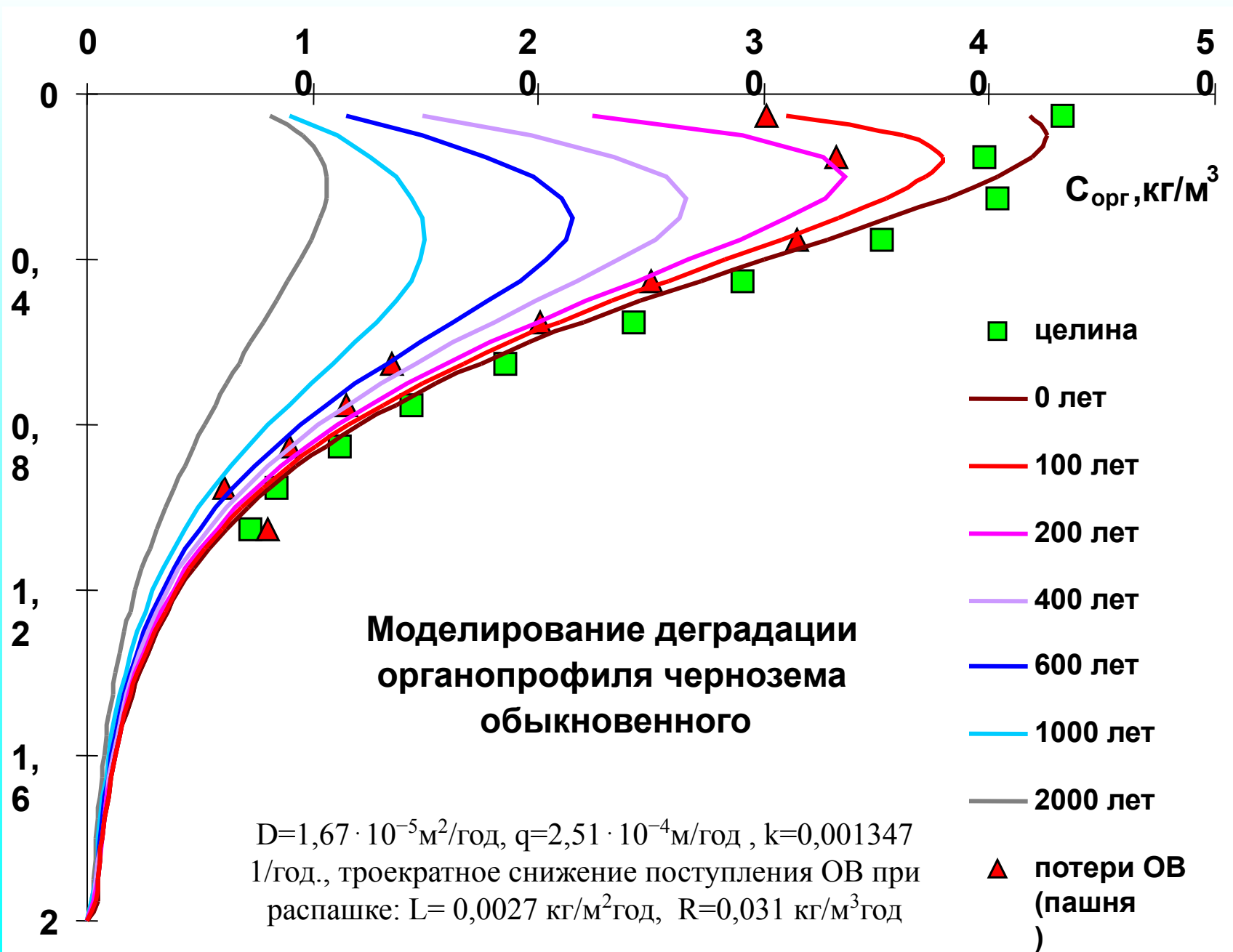
Моделирование деградации органо профиля
чернозема обыкновенного



Количественная оценка параметров круговорота углерода в природных и антропогенных травяных экосистемах на черноземах



Из-за отчуждения с/х продукции и отсутствия органических удобрений при современном агропроизводстве снижение поступления гумусовых веществ в почву в **3 раза и более**



Пустыни, полупустыни



Распространены в **тропическом, субтропическом и умеренном поясах**, где испарение резко преобладает над осадками. Наибольшие территории – в тропиках с сухим материковым тропическим климатом (повышенное давление, нисходящие потоки сухого воздуха без препятствий в виде высоких горных цепей с точкой росы). В Африке – крупнейшая пустыня Сахара (9 млн км², почти территория США), пустыня Калахари, в Евразии – Аравийский полуостров, Белуджистан (Иран, Пакистан), в Америке – Мексиканские пустыни, пустыни Мохава и Соноран, Долина Смерти, север Чили (пустыня Акатама), в Австралии (Большая песчаная пустыня, Пустыня Гибсона,). Азиатские, Американские и Австралийские пустыни субтропического и умеренного континентального сухого климата и сурового климата высокогорий (Иранское нагорье, Туркмения, Узбекистан (Каракумы, Кызылкумы), Раджастан (Индия), равнинный Афганистан, Таримская впадина (Китай), пустыня Гоби, Большой бассейн (США), пустыня Виктория (Австралия). Климатические условия чрезвычайно контрастны (**до 30-40°C** суточные перепады температур, до 100°C – годовые: в субтропических высокогорных пустынях (Памир, Тибет) очень холодные зимы (**до -50°C**), экстремально высокие температуры летом в дневные часы до 50°C в субтропиках (Туркмения) и 57-60°C в тропиках (Сахара, Долина Смерти (США), Австралия). На фоне экстремальной жары – дефицит осадков (менее **100-250мм/год**), а в иных районах – лишь раз в несколько лет разовые ливни. Климатические условия диктуют сильное **угнетение биопродуктивности и видового разнообразия**. Вместе с тем при наличии воды (орошение, долины крупных рек) возникают всплески биопродуктивности, характерные для влажных тропиков (например, **тугаи**). Среди растительности доминируют **травянистые и низкорослые кустарничковые формы** (полыни, пустынные злаки и осочки, креозотовый кустарник, верблюжья колючка (бобовые)), **эфмеры и эфемероиды** (луковичные тюльпаны, мятлик, крокусы, маки), **эпифиты** (мхи, водоросли, лдишайники), **суккуленты** (кактусы, агавы, опунции), **галофиты** (солянки), древовидные формы ксерофитов и суккулентов (черный и белый саксаул, акации (пустынный тираннозавр), финиковая пальма, вашингтония, гигантский цереус), паразиты (заразиха). Общая фитомасса **10-100 ц/га** (до 500 ц/га в сухих саксаульниках и более **1000 ц/га** в травянистых тугаях Средней Азии) при относительно небольшой 3-10% доли ассимилирующих органов и доминирующей (**60-90%**) доли **корней**. Почвы от примитивных песчаных (**эрги**), каменистых (**реги, хамады**) и глинистых (**такыры**) пустынных, лишенных органического вещества, часто засоленных с избытком карбонатных включений до достаточно плодородных сероземов и серо-бурых с аккумулятивными горизонтами и 1-3% гумуса.

Пустыни, полупустыни

Прирост (чистая первичная продуктивность) всего **5-30 ц/га** год и лишь в эфемерово- кустарничковых пустынях и саксаульниках доходит до уровня сухих степей (**80-100 ц/га**). При этом подстилка практически отсутствует и весь опад и отпад полностью минерализуется в течение года ($k > 10 \text{ год}^{-1}$ как в **тропических и экваториальных лесных биомах**): Частые биопаузы в экстремальные сезоны, укрытие в почве (песке) животных и зачатков растений, **адаптации к недостатку влаги** (жировые запасы (в горбах верблюдов, в хвосте у тушканчиков, ящериц- шипохвоста, ядозубы), улавливание росы, паров воды поверхностью (кожа, листва, волосяные покровы), транспорт воды на перьях (белобрюхий рябок), охлаждение через гипертрофированные участки тела (уши лисицы-фенек), уменьшение испарения за счет снижения листовой массы, их редукция до колючек, запас в тканях растений (суккуленты), использование соленой воды (**солянки**), воды в фитомассе растений (антилопа **аддакс** – вообще не пьет), извлечение из глубинных подземных горизонтов (корни верблюжьей колючки до 15-20м), разветвленные и глубокие корневые системы «подземные кроны» саксаульников для сбора воды с большой площади .

Крупнейшие **фитофаги** пустыни – верблюды (**дромадер, бактриан**) способны обходиться неделями без воды, потреблять жесткий колючий корм и минерировать на большие расстояния. У бактриана на зиму отрастает длинная косматая шерсть, а летом она почти вся выпадает, поэтому верблюд способен выдерживать и лютиый холод (высокогорная пустыня Гоби) и экстремальную жару. Другие растительноядные животные (антилопа аддакс, гривистый баран, дикий осел) практически не пьют воды, довольствуясь ее содержанием в фитомассе кормов. Крупные хищные животные (**львы, гепарды, гиены**) в пустыне редки и могут появляться лишь вслед мигрирующим стадам и караванам, поскольку обычно для них нет обилия пищи. Доминируют **плотоядные средних и мелких размеров** (лисица-фенек, барханная кошка, ушастый еж), **пресмыкающиеся** (серый варан, гюрза, эфа, песчаный удавчик, игуана, ушастая кругоголовка, африканский шипохвост, ядозуб жилатье), отдельные **хищные птицы** (серебристый чеглок, стервятник), **членистоногие** (пустынный скорпион, тарантул, каракурт), **падальщики, детритофаги** (жук-скарабей). Из мелких растительноядных и всеядных животных – **грызуны** (суслик, тушканчик), **птицы** (пустынный воробей, саксаульная сойка, белобрюхий рябок), пресмыкающиеся, насекомые.

Круговорот веществ в пустынных экосистемах **весьма интенсивный**, при аккумуляции органического вещества и биофильных элементов преимущественно в живых структурах. Однако, в отличие от тропических и экваториальных лесов масштабы аккумуляции и биопродуктивность крайне низкие. Запас биофильных элементов в фитомассе в среднем очень небольшой (**100-300 кг/га**, а в водорослевых такырах в всего **6-8 кг/га**), и лишь в среднеазиатских саксаульниках и тугаях может достигать величин, типичных для лесных экосистем (до **3000-7000 кг/га**). Основная доля биофильных элементов локализуется **в корнях** и многолетних наземных частях (50-80% и более). Среди элементов доминируют кремний, азот, кальций, натрий, хлор, сера (при засолении).

В прошлом естественных пустынь было меньше и во многом аридизация земель есть следствие человеческой деятельности. Сведение лесной растительности, стравливание скотом пастбищ на песках, орошаемое земледелие с использованием подземных вод в условиях Экологические проблемы – **аридизация суши**, уменьшение объемов вод и ухудшение их качества, подвижные пески и песчаные бури, дефляция, антропогенная деградация почв при орошаемом земледелии, **вторичное засоление почв и вод в аридном климате**

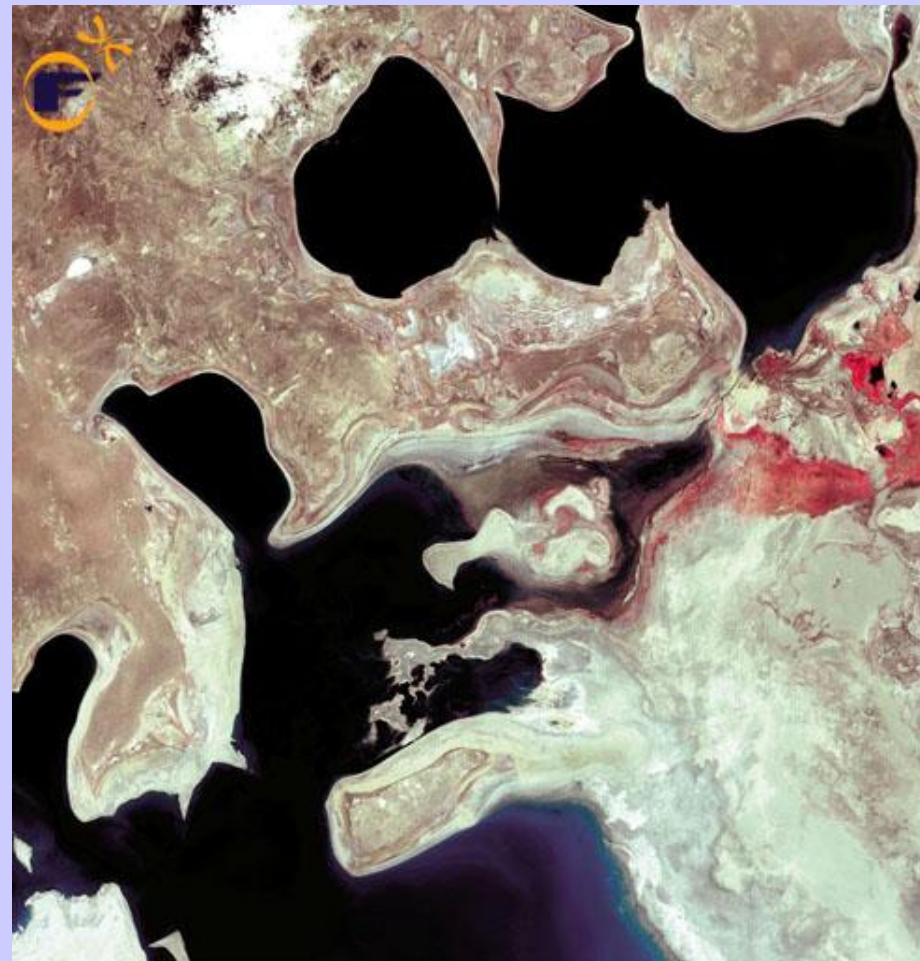
Тип круговорота: Азотно-кремниевый, кремниевое-кальцевый пустынный, средне и высокозольный, малопродуктивный, интенсивный (Si, Ca, N > (Na, S, Cl)).

Экологическая катастрофа в Аральском регионе – результат интенсивного поливного земледелия с отчуждением впадающих в Аральское море речных вод на полив миллионов гектар рисовых и

Aral sea before the
drying (1973 yr)

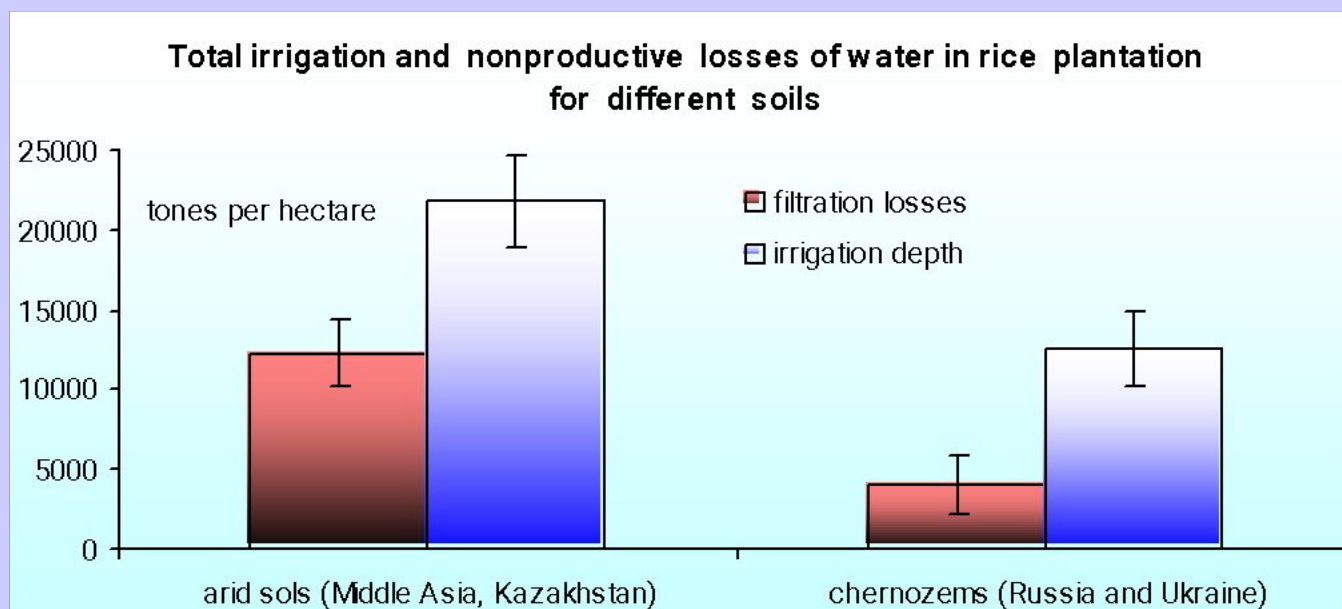
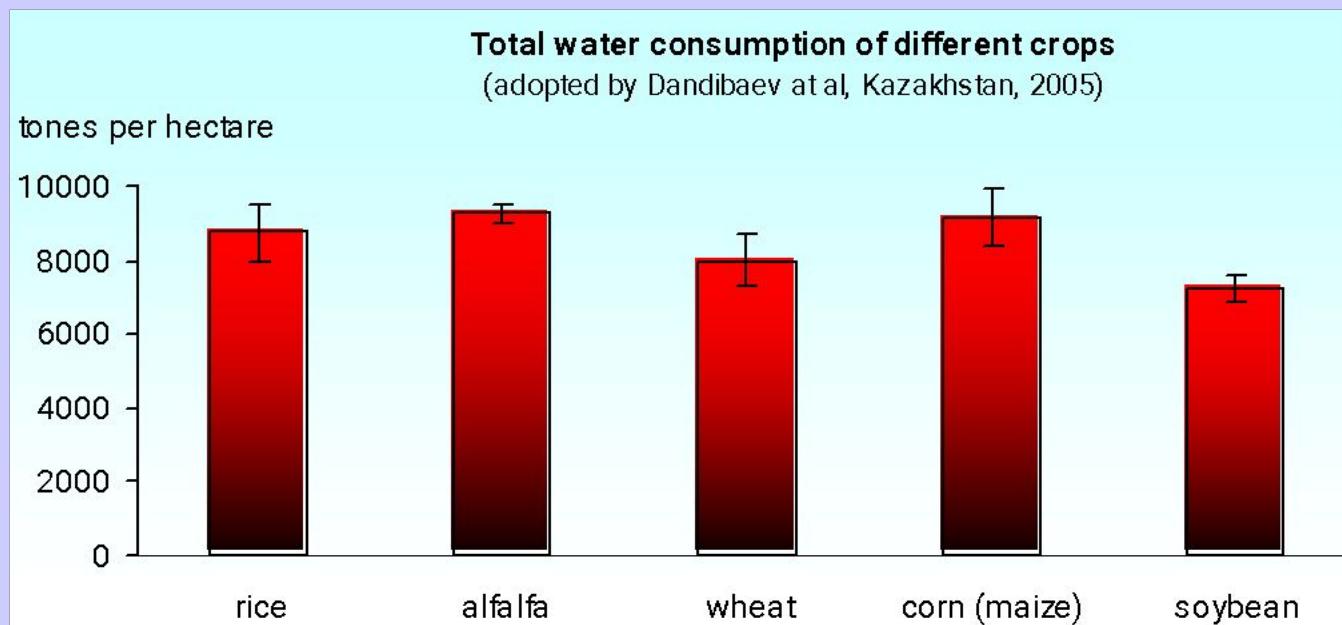
хлопковых полей.

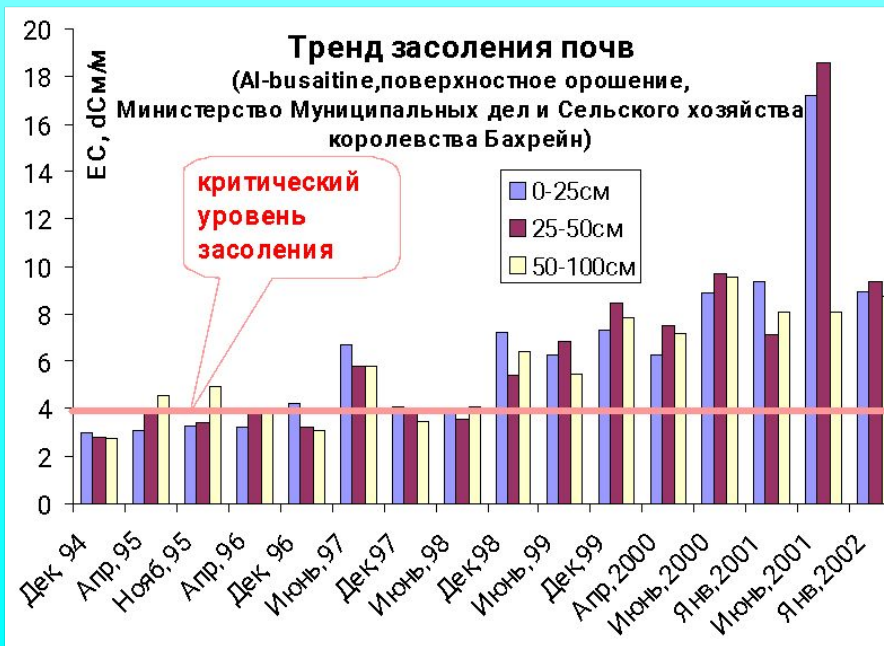
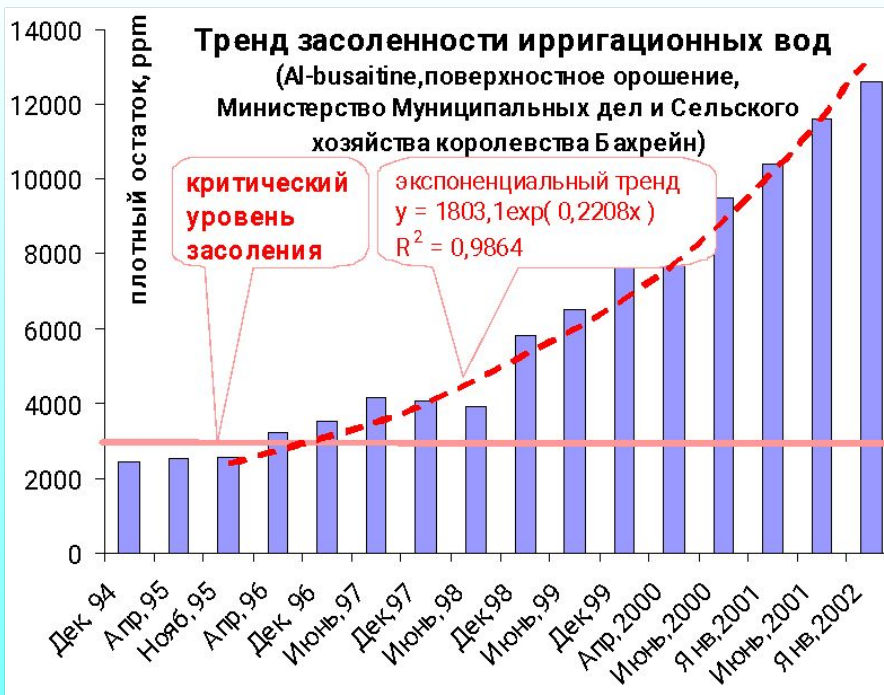
Aral sea nowadays
(2000 yr)



В аридном орошаемом земледелии используются повышенные поливные нормы, чтобы компенсировать непродуктивные потери на инфильтрацию, испарение. Особенно при использовании орошения напуском по бороздам (хлопок) и заливе площадей в рисоводстве.

Потери на аридных почвах легкого состава при этом могут быть более половины от общего количества воды.





Вторичное засоление орошаемых земель основная причина деградации аридных территорий

Согласно данным ФАО ЮНЕСКО за период с 1972 по 1999 гг площадь поливного земледелия стала вдвое больше, и одновременно **более 2 млн га орошаемых земель** были заброшены по причине прогрессирующего засоления. Опустынивание и деградация земель распространены на большей части территорий Ирана, Ирака, Иордании, Сирии, и множества других арабских государств, включая высокоразвитые, богатые государства Персидского региона, где на программы озеленения территорий и выращивания культурной растительности тратятся миллиарды долларов. **При этом от 30 до 80%** орошаемых земель подвергнуты **засолению** – основной причине, уничтожающей пригодные для выращивания растительной продукции

Распределенные модели динамики органического углерода почв (C, кг/м³), оценка параметров по стационарным гумусовым профилям)

Модель :D, м²/год – эффективный коэффициент диффузии (дисперсии), k – константа биодеструкции

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - kC$$

Граничные условия: C₀, кг/м³ – остаточное (фоновое) содержание в породе, L, кг/м²/год – поступление с опадом на поверхность почвы

$$C|_{z \rightarrow \infty} = C_0$$

$$-D \frac{\partial C}{\partial z} \Big|_{z=0} = L$$

Аналитическое решение в стационарном состоянии ($\partial C / \partial t = 0$)

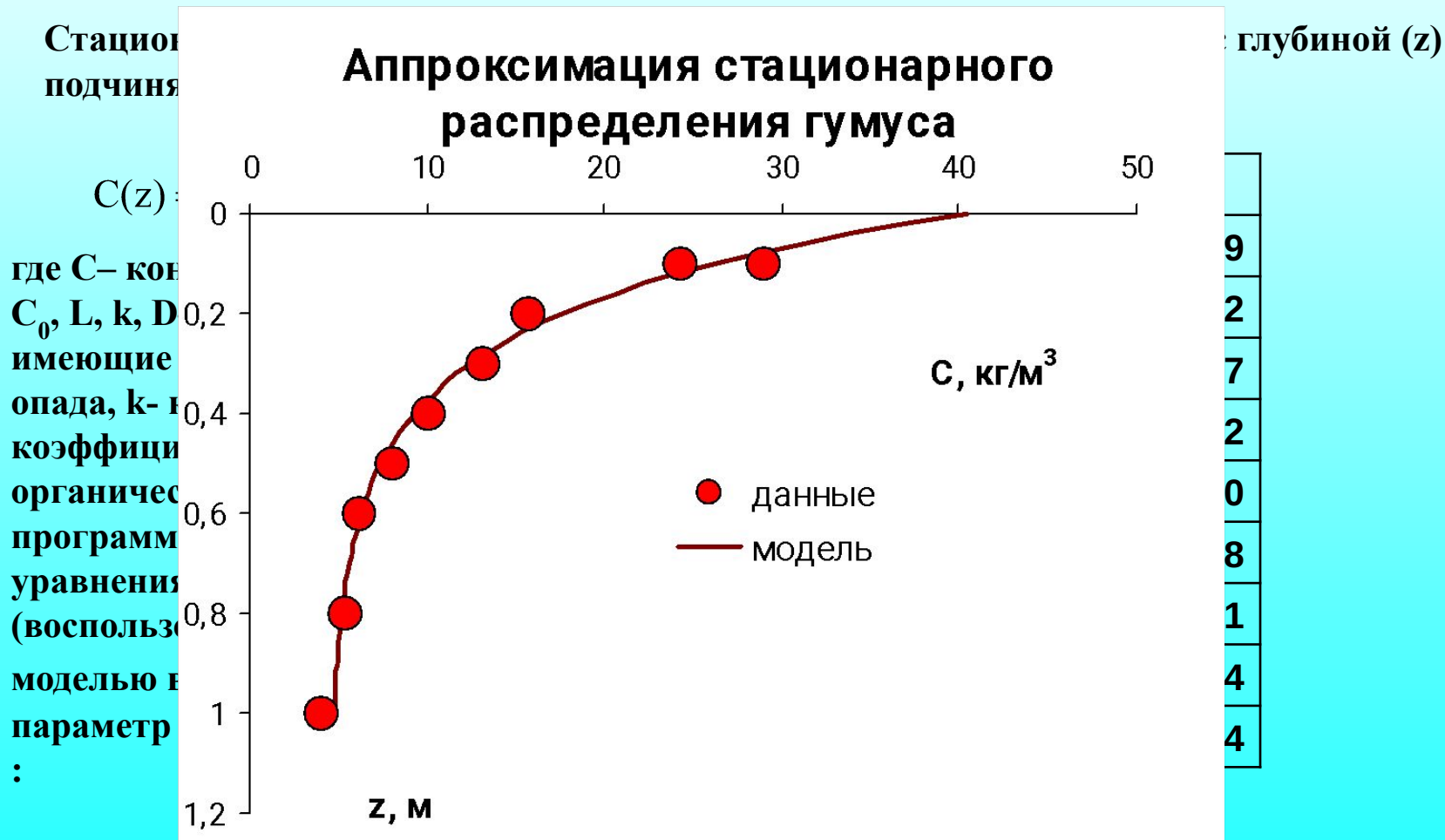
$$C(z) = C_0 + \frac{L}{\sqrt{kD}} \exp\left(-\left(\sqrt{\frac{k}{D}}\right)z\right)$$

Модель для аппроксимации;

$$y = y_0 + a \cdot \exp(-bz)$$

Формулы для расчета параметров; C₀ = y₀, D = L / (ab), k = Db²

Распределенные модели динамики органического углерода почв (C, кг/м³), оценка параметров по стационарным гумусовым профилям



Ответ: $y_0 = C_0 = \underline{4,53}$ кг/м³, $a = \underline{35,92}$ кг/м³, $b = \underline{5,03}$ м⁻¹, $k = \underline{0,0028}$ год⁻¹, $D = \underline{0,00011}$ м²/год