Санкт-Петербургский государственный Университет

Воздушный режим почв

18 февраля 2021 года.

ov_romanov@mail.ru

- **Забота об улучшении воздушного режима особенно актуальна при использовании болотных почв и почв с временным избыточным увлажнением (подзолистых, дерново-подзолистых, бурых лесных и др.).**

В условиях хорошей обеспеченности O_2, в почве развиваются анаэробные процессы и возникают лучшие условия для роста и развития растений.

CO_2 обнаруживается в почве главным образом благодаря биологическим процессам. Частично он может поступать из грунтовых вод.

Более 2% - 3% CO_2 угнетает растения.

Дыхание почвы – выделение CO_2 из почвы в приземный слой атмосферы.

ДЫХАНИЕ ПОЧВЫ

- – ритмичный воздухообмен между *почвой* и *атмосферой*, происходящий в результате расширения и сжатия *почвенного воздуха*

при колебаниях температуры почвы или изменениях атмосферного давления.

Почва, как и всякое физическое тело,

обладает рядом физических свойств, причем поскольку она является дисперсным, а следовательно, пористым телом, её физические свойства отличаются некоторыми особенностями.

Биологические процессы, - процессы роста, развития, - это *стадийные* процессы

- **Надо найти связь наступления стадии онтогенеза с некоторым** кумулятивным **(т.е. накапливающимся) фактором внешней среды.**
- **Например, с суммой положительных температур.**

Общие закономерности

- ***Вид биологических кривых.***
  - **Обобщённый вид биологической кривой – зависимость биологического процесса от физического воздействующего фактора.**

Закон «критических периодов»

- *В жизни растения имеются периоды, в течение которых растение наиболее чувствительно к недостатку того или иного фактора.*
  - **Например, для зерновых культур критическим периодом в отношении к почвенной влаге является период от выхода в трубку до колошения. При недостатке влаги в этот период – наибольшие потери урожая.**

Основные закономерности продукционного процесса

- *Продукционный процесс растений – это совокупность взаимосвязанных процессов, происходящих в растении, из которых основными являются*
- *фотосинтез,*
- *дыхание,*
- *рост.*

Продукционный процесс зависит от факторов внешней среды и способен сам трансформировать средообразующие факторы через изменение газообмена, трансформацию, архитектуру растительного сообщества.

Общие законы продукционного процесса

1. Закон незаменимости основных факторов жизни.
2. Закон неравноценности и компенсирующего воздействия факторов среды.
3. Закон минимума.
4. Закон оптимума.
5. Закон «критических периодов».

В каждом конкретном случае следует учитывать региональные особенности как внешних для растений факторов (почвенные, метеорологические и погодные условия и пр.), так и особенности самих растений.

Закон незаменимости основных факторов жизни

- Ни один из факторов развития растений не может быть полностью заменён каким-либо другим.
- Свет, тепло, влага – факторы космические, их ничем нельзя заменить, они – основные.

Закон неравноценности и компенсирующего воздействия факторов среды

- Действие основных факторов могут изменить другие факторы. Например, туман – ослабить недостаток влаги.
- Отличие от закона незаменимости основных факторов жизни:
  - **первый действует всегда;**
- **второй – в отдельные периоды жизни растения, снижая неблагоприятные** или увеличивая благоприятное воздействие основных факторов жизни.

Закон минимума

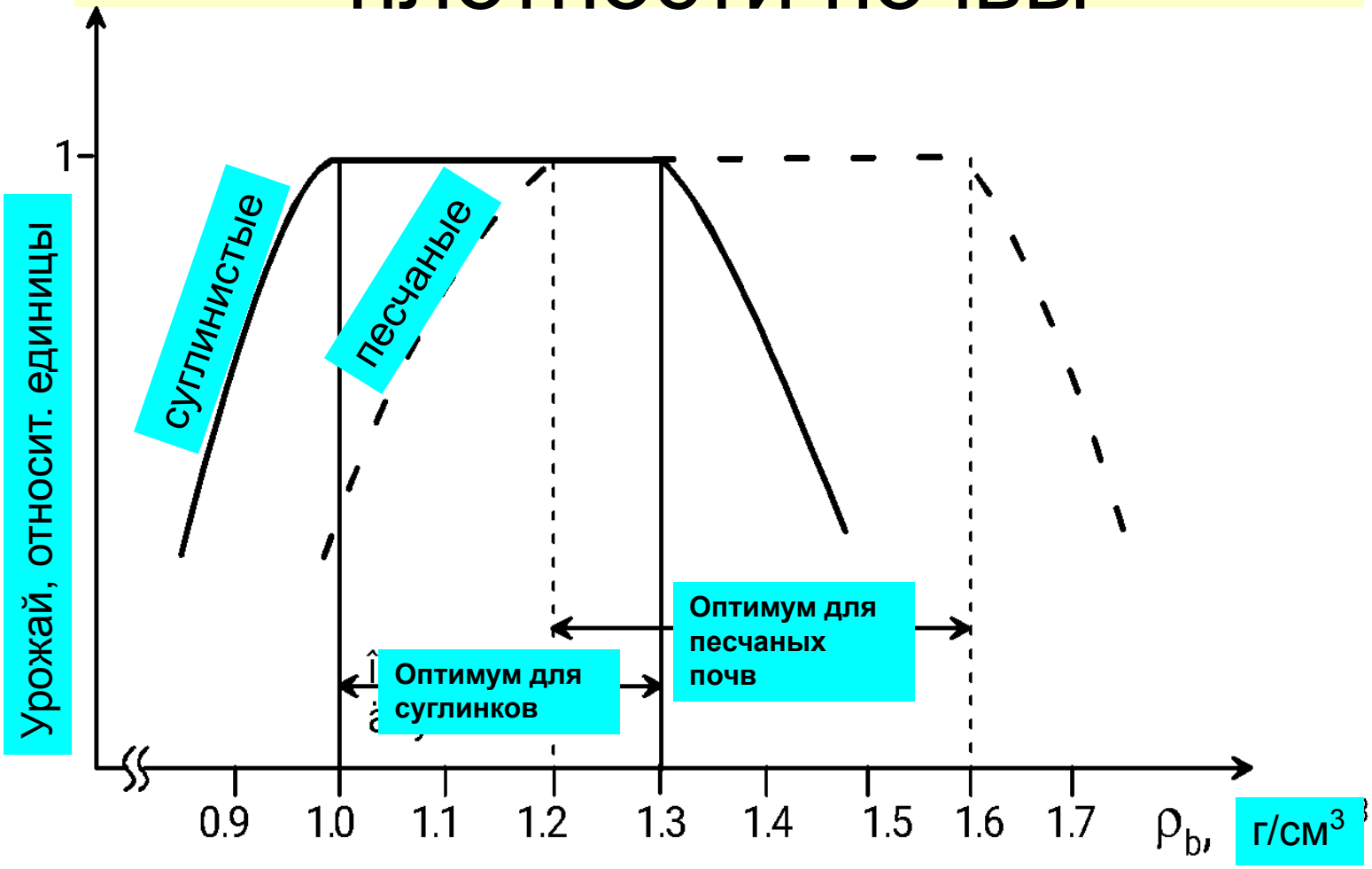
- Интенсивность продукционного процесса определяется действием того физического фактора среды, который наиболее удалён от своего оптимума.

Закон оптимума

- Наивысшая скорость продукционного процесса достигается при достижении всеми факторами своего оптимума.

- Максимальная продуктивность – за счёт оптимизации действия разнообразных факторов.

Зависимость урожая от плотности почвы



Общие закономерности

- ***Вид биологических кривых.***
  - **Обобщённый вид биологической кривой – зависимость биологического процесса от физического воздействующего фактора.**

Критические уровни показателей состава, свойств и режимов почв

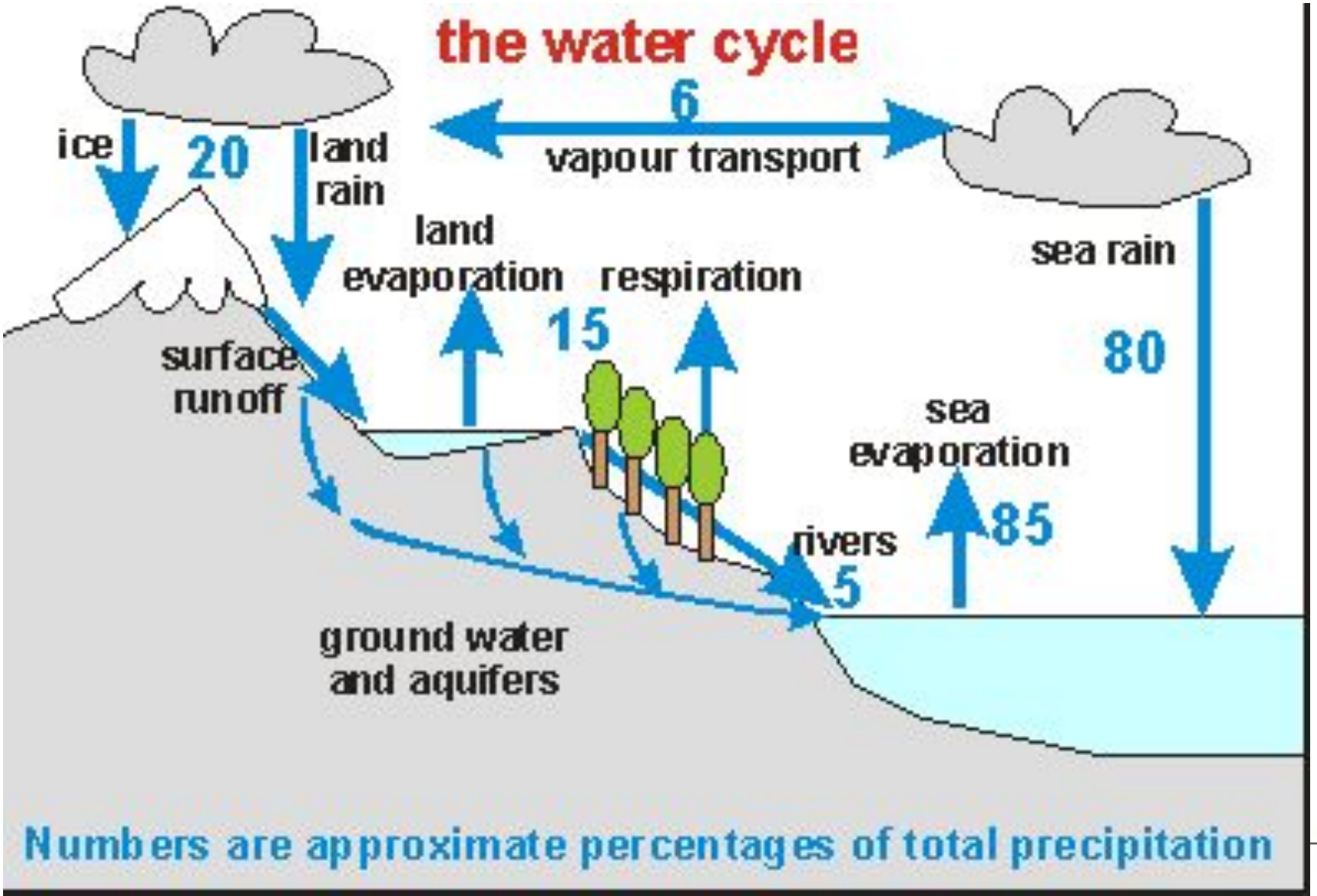
Состав, свойства и режимы почв	Критические параметры
Общие физические свойства	Плотность более 1 ,4-1 ,5 г/см^3, общая порозность менее 40%
Структура	Содержание агрономически ценных агрегатов менее 40%
Водные свойства и запасы влаги	Влажность, соответствующая ВЗ, водопроницаемость - ниже 30 мм/час
Воздушные свойства и состав почвенного воздуха	Порозность аэрации менее 15%. Содержание CO_2 более 30%; O_2 - менее 10-15%

ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

– совокупность явлений, связанных с поступлением и поведением воздуха в ***почве*** в связи с окружающей средой, жизнедеятельностью растений и микроорганизмов.

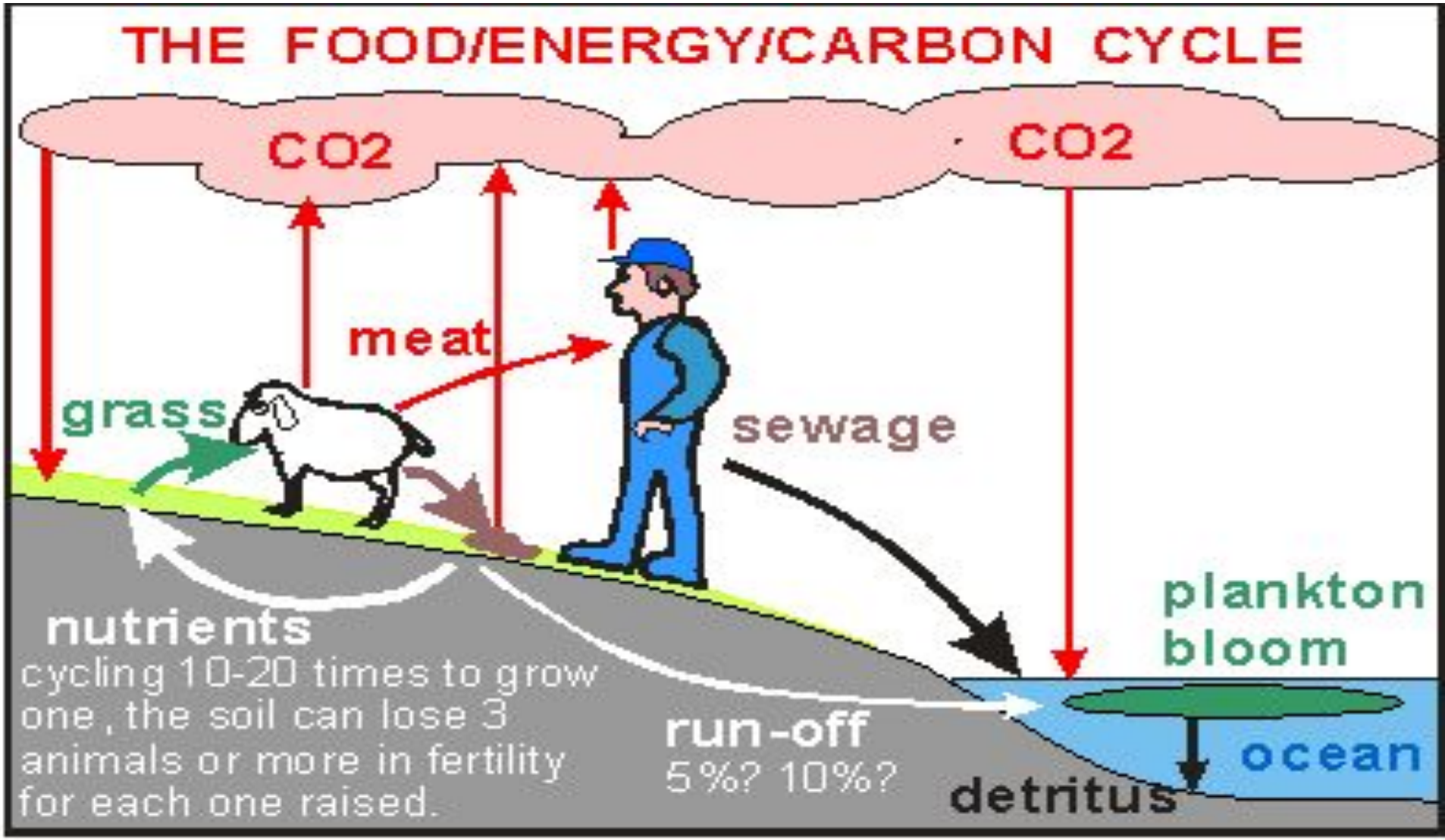
Функции почв

Звено между биологическим и геологическим круговоротом



Функции почв

Звено в биологическом цикле, через которое происходит трансформация вещества и энергии



ПОЧВЕННЫЙ ВОЗДУХ

- − газообразная фаза почвы, занимающая пористое пространство, свободное от почвенного раствора.
  - В сухих почвах содержание **почвенного воздуха** максимально и в зависимости от величины пористого пространства может составлять 25-90 % от объёма почвы. С увеличением влажности почвы происходит вытеснение **почвенного воздуха** и содержание последнего уменьшается.
- По газовому составу **почвенный воздух** отличается от атмосферного. Так, например, в нём на долю O_2 приходится 10-15 % (минимально до 2 %), CO_2 − 0,3-9,0 % (до 20 % и выше).

ВОЗДУХОЁМКОСТЬ ПОЧВЫ

- – **объём порового пространства, содержащего воздух при влажности почвы, соответствующей полевой влагоёмкости (НВ)** [ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85)].

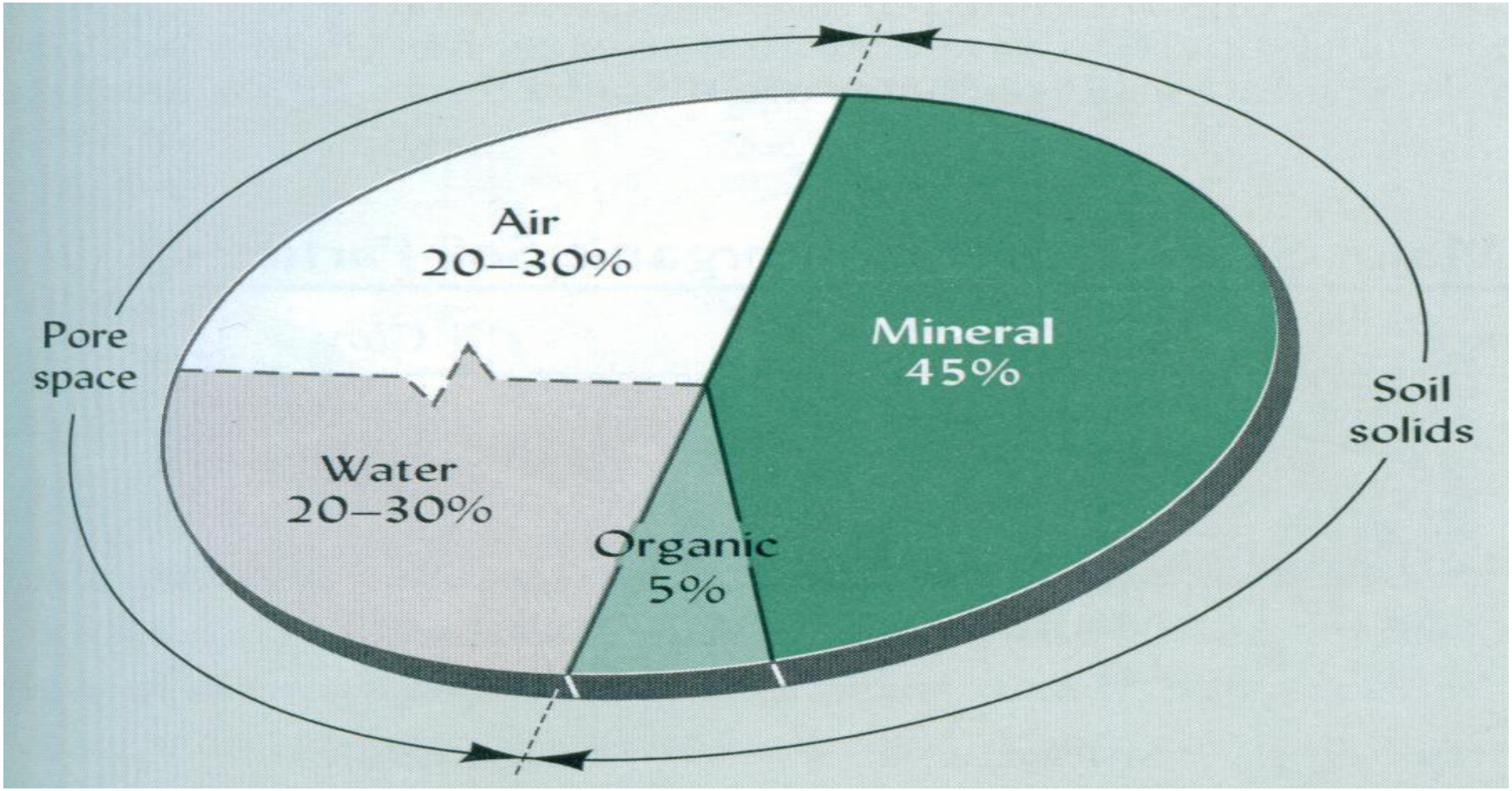
Состав почвенного воздуха *(Ремезов, 1963)*

Компоненты	Атмосфера	Почва
Азот	78	78
Кислород	21	1 – 20
CO_2	0,03	0,1 – 15,0

Относительная влажность (концентрация водяного пара) в почве всегда больше.

Формы почвенного воздуха: растворённый, свободный и защемлённый.

Твёрдая, жидкая и газообразная фазы почвы



Составные части твёрдой фазы почвы поглощают молекулы воды более интенсивно, чем молекулы газа, поэтому твёрдая фаза почвы во влажном состоянии не поглощает газов.

Способностью поглощать газы обладает почва при влажности ниже максимальной гигроскопической.

Почвенный воздух

- Различие состава почвенного и атмосферного воздуха обусловлено протекающими в почве биологическими процессами.
- Понижение содержания в почвенном воздухе кислорода связано с потреблением его аэробными микроорганизмами на различные реакции окисления, включая разложение мертвого органического вещества, и поглощением корневыми системами высшей растительности.
- Обогащение почвенного воздуха углекислотой происходит в результате разложения мёртвого органического вещества микроорганизмами и выделения её корневыми системами.
- В заболоченных почвах, где протекают анаэробные процессы разложения, в заметных количествах накапливаются **водород, метан, сероводород**.

Состав почвенного воздуха

макрокомпоненты

(более 100 ppm)

азот, кислород, аргон, углекислый газ, пары воды

микрокомпоненты

(менее 100 ppm)

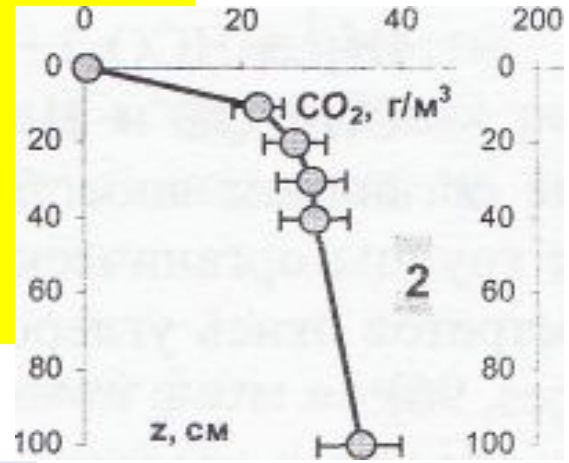
метан, закись азота, диоксид серы, угарный газ и др.

Вещество	Краткая характеристика
Углекислый газ	Образуется при сгорании всех видов топлива. Увеличение его содержания в атмосфере приводит к повышению ее температуры, что чревато пагубными геохимическими и экологическими последствиями.
Оксид углерода	Образуется при неполном сгорании топлива. Может нарушить тепловой баланс атмосферы.
Сернистый газ	Содержится в дымах промышленных предприятий. Вызывает обострение респираторных заболеваний, наносит вред растениям. Разъедает известняк и некоторые ткани.
Оксиды азота	Создают смог и вызывают респираторные заболевания и бронхит у новорожденных. Способствуют чрезмерному разрастанию водной растительности.

Почвенный воздух

- Суммарная порозность почв от 25 до 60%.
- Существенно отличается по составу от атмосферного – меньше кислорода и больше CO_2.
- Приземный слой воздуха содержит в несколько раз больше CO_2.
- За сутки с 1 га почвы выделяется в среднем от 10-20 до 100 кг CO_2.

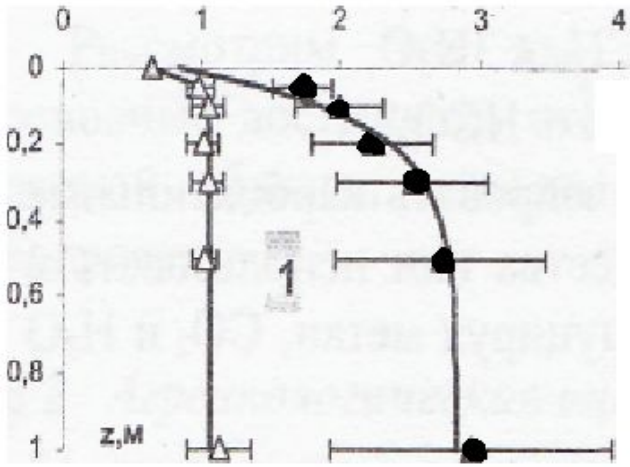
Состав почвенного воздуха чрезвычайно разнообразен и динамичен.



CO_2, г/m^3

Глубина, см

Динамика содержания CO_2 по профилю



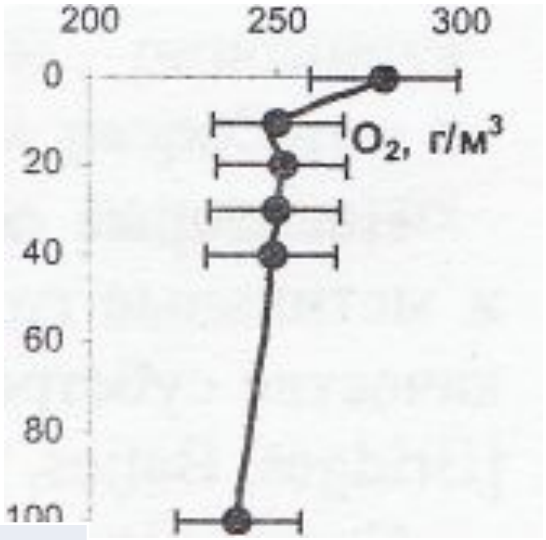
CO_2, г/m^3

Глубина, см

Зима

Лето

Динамика содержания CO_2 по профилю зимой и летом



CO_2, г/m^3

Глубина, см

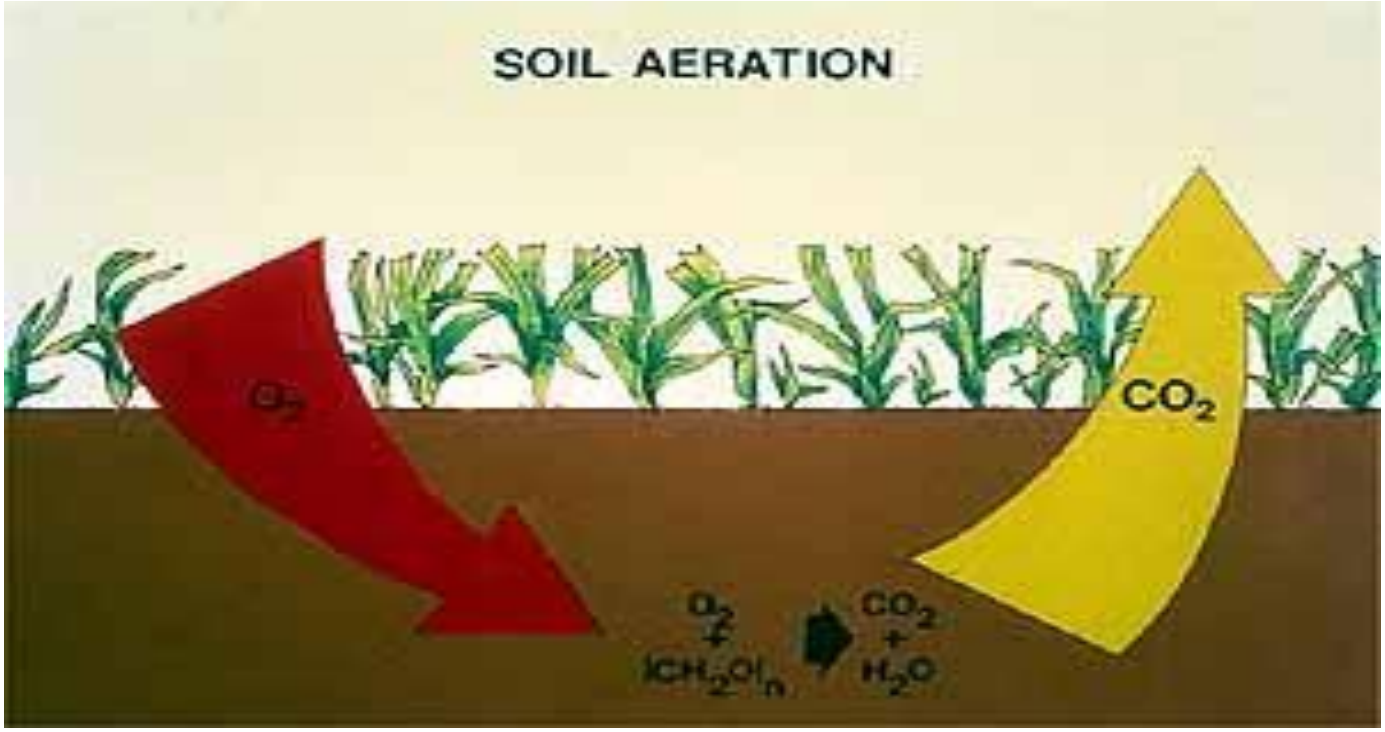
Динамика содержания O_2 по профилю

Состав почвенного воздуха на определенном уровне поддерживается воздухообменом с атмосферой.

- Скорость воздухообмена должна соответствовать потреблению в почве кислорода и образованию углекислоты.
- Обновляется состав почвенного воздуха несколькими путями.

Состав почвенного воздуха определяется внутренними биофизическими и биохимическими процессами и газообменом с окружающей средой

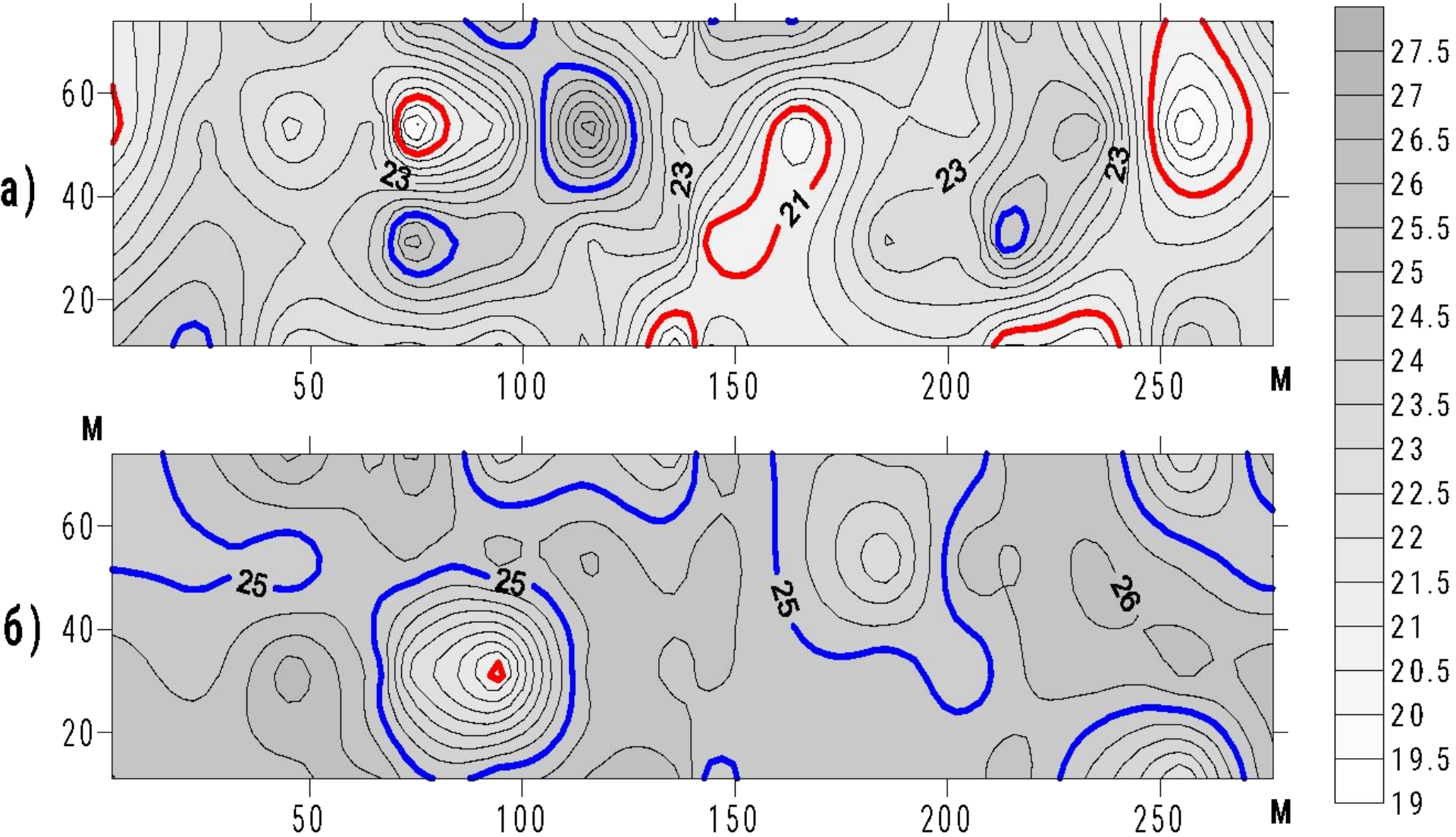
Газообмен почвы с атмосферой заключается в основном в постоянном притоке атмосферного кислорода и оттоке углекислоты



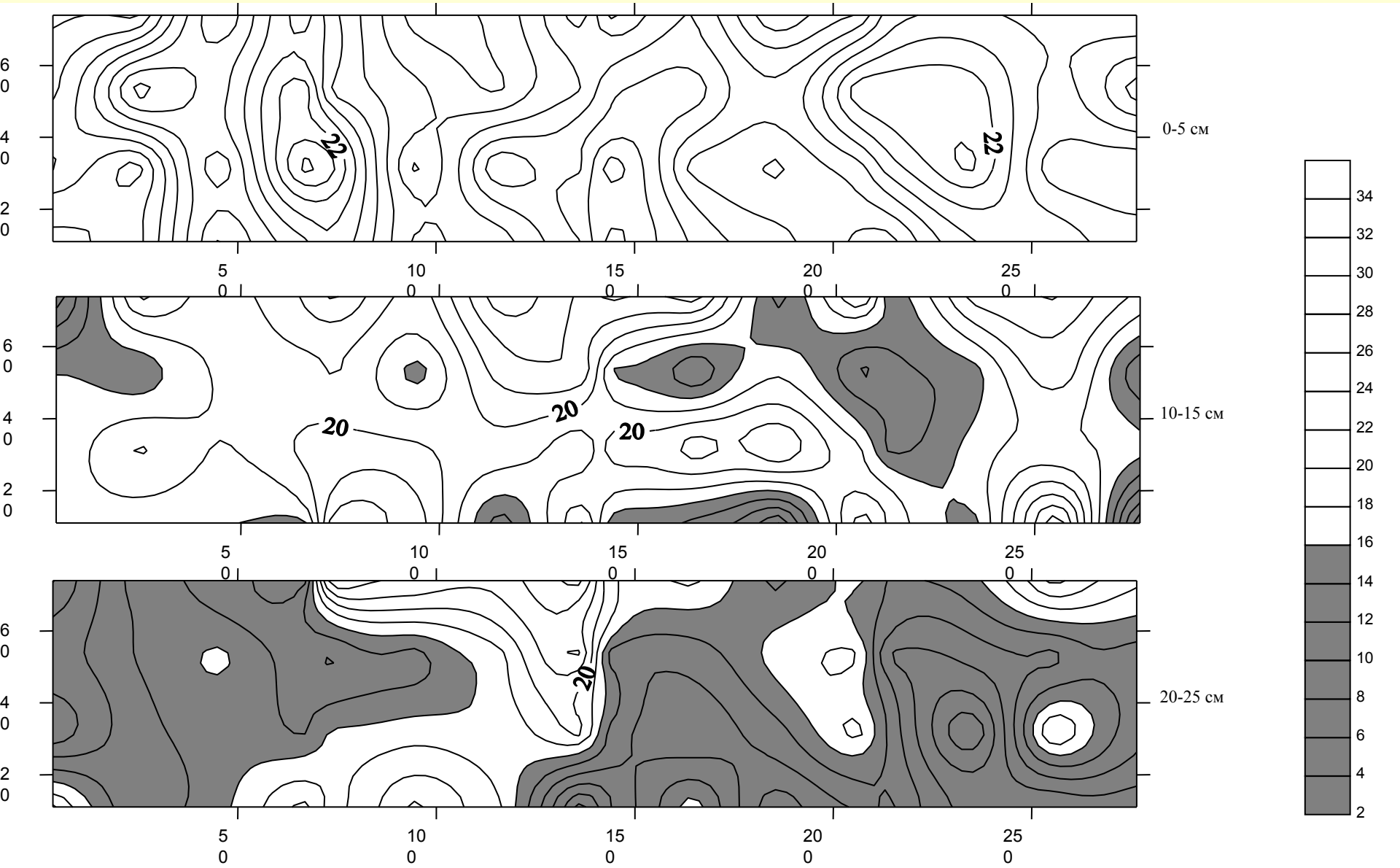
Изоплеты запасов доступной влаги:

а) в слое 10-15 см, в) в слое 30-35 см.

По данным В.Г.Тымбаева (2004).



Воздухосодержание в различных слоях почвы к началу вегетационного сезона



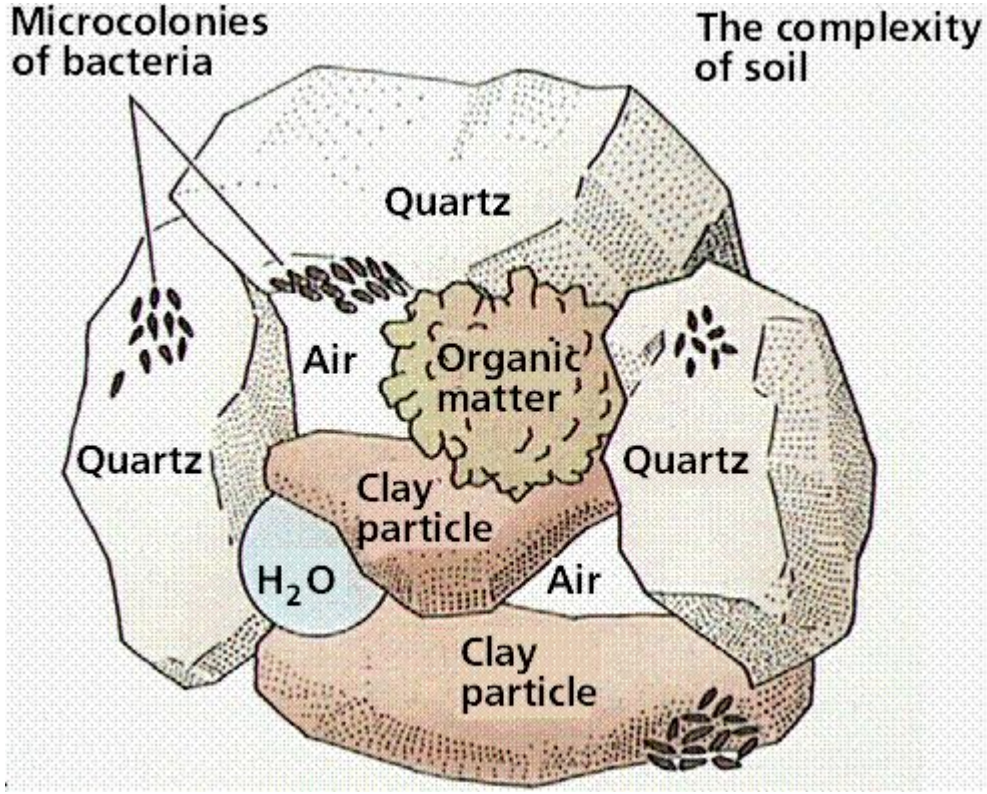
Воздушный режим почвы — содержание и состав воздуха почвы за определённое время (сутки, сезон, год); важный фактор почвенного плодородия.

Почвенный воздух — смесь газообразных компонентов, находящихся во взаимодействии друг с другом, а также с жидкой и твердой фазами почвы.

Воздушный режим почвы зависит от:

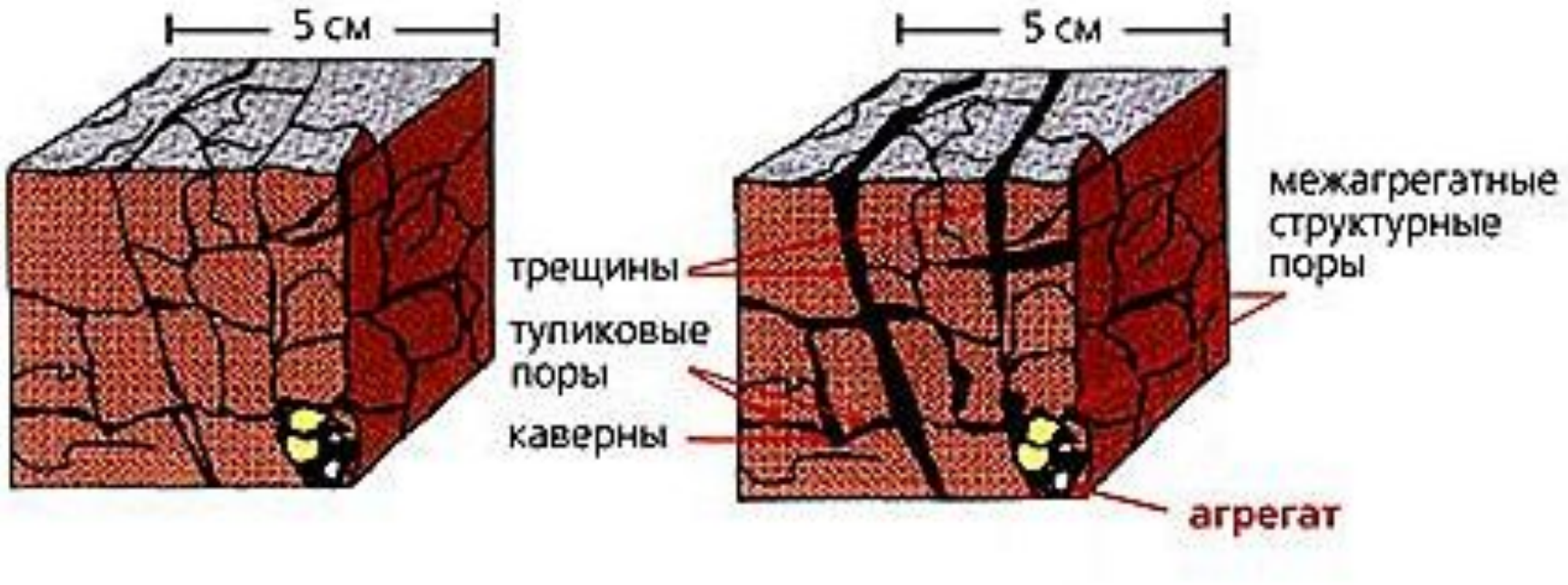
механического состава почвы, степени оструктуренности почвы, порового пространства, плотности сложения, от прочих свойств и других режимов почв.

Почвенный воздух нельзя рассматривать в отрыве от жидкой и твердой фазы почвы.



Среди газообразных соединений принято выделять собственно ***газы*** - вещества, которые в природных термодинамических условиях существуют только в однофазном состоянии и ***пары,*** способные одновременно находиться в газообразном и жидком, а иногда и твердом состояниях.

Свободный почвенный воздух заполняет поры и др. пустоты, свободно перемещается в них и сообщается с атмосферой; защемлённый — находится в порах почвы, со всех сторон изолированных влагой, адсорбированный — поглощён почвенными частицами и удерживается на их поверхности в уплотнённом состоянии сорбционными силами.



В почве присутствуют все перечисленные категории газообразных соединений — собственно газы (N_2, O_2, H_2,...), пары жидкостей (H_2O, NH_4,...) и твердых веществ (Hg, I,...).

Почвенный воздух составу мало отличается от атмосферного. В условиях нормального газообмена вниз по почвенному профилю содержание кислорода снижается и увеличивается содержание CO2, но сумма их близка к сумме этих газов в атмосфере (21 %)

Элемент	Атмосфера %	Почвенный воздух %
Азот N_2	78,04	78—80
Кислород O2	20,94	20—18
Диоксид углерода CO2	0,035	0,15—3

Процентное содержание основных газов в приземном слое атмосферы и почвенного воздуха

Обмен почвенного воздуха с атмосферным и его механизмы

- На воздухообмен оказывают влияние колебания температуры. Повышение температуры увеличивает скорость движения молекул газа, а следовательно диффузию.

- Тёплый воздух, как более лёгкий, стремится кверху. В ночное время почва охлаждается, объём заключённых в ней газов уменьшается, и тогда в почву из атмосферы поступает более богатый кислородом воздух.
- На воздухообмен оказывают влияние также атмосферные осадки и ветер.

Порозность аэрации

Воздухообмен почвы с атмосферой осуществляется преимущественно через некапиллярную скважность, **поэтому полнота воздухообмена зависит от величины некапиллярной скважности.**

Если некапиллярная скважность невелика или почва насыщена водой до состояния полной влагоёмкости, то воздухообмен затруднён и устанавливаются анаэробные условия.

Это имеет место преимущественно в почвах повышенного увлажнения или весной в период насыщения талыми водами.

НЕКАПИЛЛЯРНАЯ ПОРОЗНОСТЬ ПОЧВЫ

- − суммарный объём пор, которые при влажности почвы, равной её *наименьшей* (предельно полевой) *влагоёмкости*, остаются свободными, поскольку являются слишком крупными для того, чтобы удерживать воду от стекания под действием силы тяжести.
- **Некапиллярная порозность почвы** определяется по разности между *общей* и *капиллярной порозностью*.

ПОЛЕВАЯ ВЛАГОЁМКОСТЬ – то же, что *наименьшая влагоёмкость*.

- **ПОРОЗНОСТЬ АЭРАЦИИ ПОЧВЫ** – 1) часть перового пространства почвы, занятая воздухом;
- 2) (в более узком смысле) часть порового пространства, заполненная воздухом при влажности почвы, соответствующей наименьшей влагоёмкости.
- Во избежание путаницы при втором толковании следует добавлять “*порозность устойчивой аэрации*”, исходя из того, что в культурных почвах влажность, как правило, не бывает выше *наименьшей влагоёмкости*.

Порозность аэрации выражают в % от общего объёма *почвы*.

ПОРОЗНОСТЬ УСТОЙЧИВОЙ АЭРАЦИИ ПОЧВЫ

- – часть порового пространства, заполненная воздухом при влажности почвы, соответствующей наименьшей влагоёмкости.
- **Порозность устойчивой аэрации** практически равна *некапиллярной порозности*.

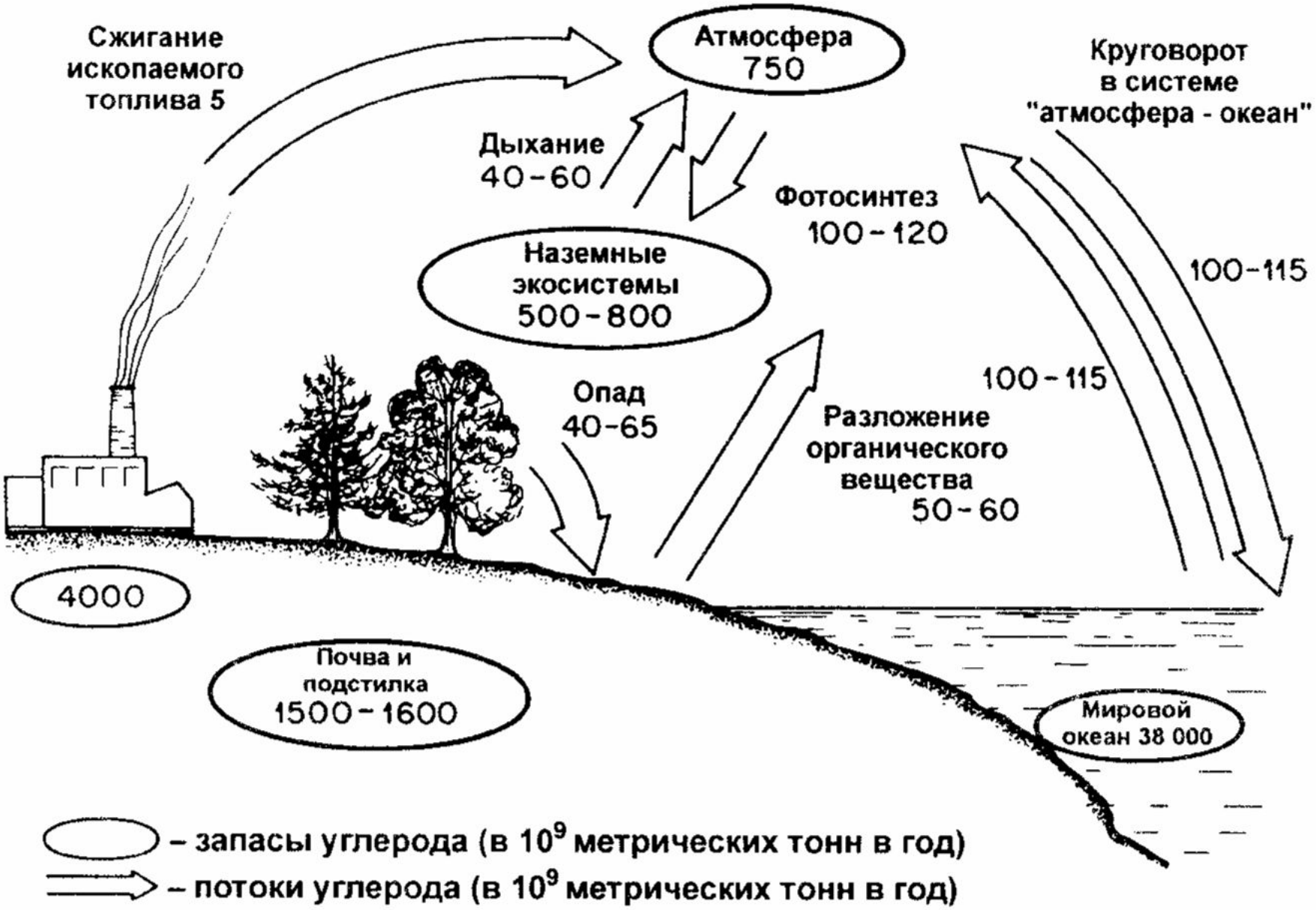
Газовый режим почвы и его главные слагаемые

Образование углекислоты и потребление кислорода происходит главным образом в верхней части почвенного профиля, где сосредоточена основная масса корневых систем и наиболее интенсивно идут процессы разложения мертвого органического вещества.

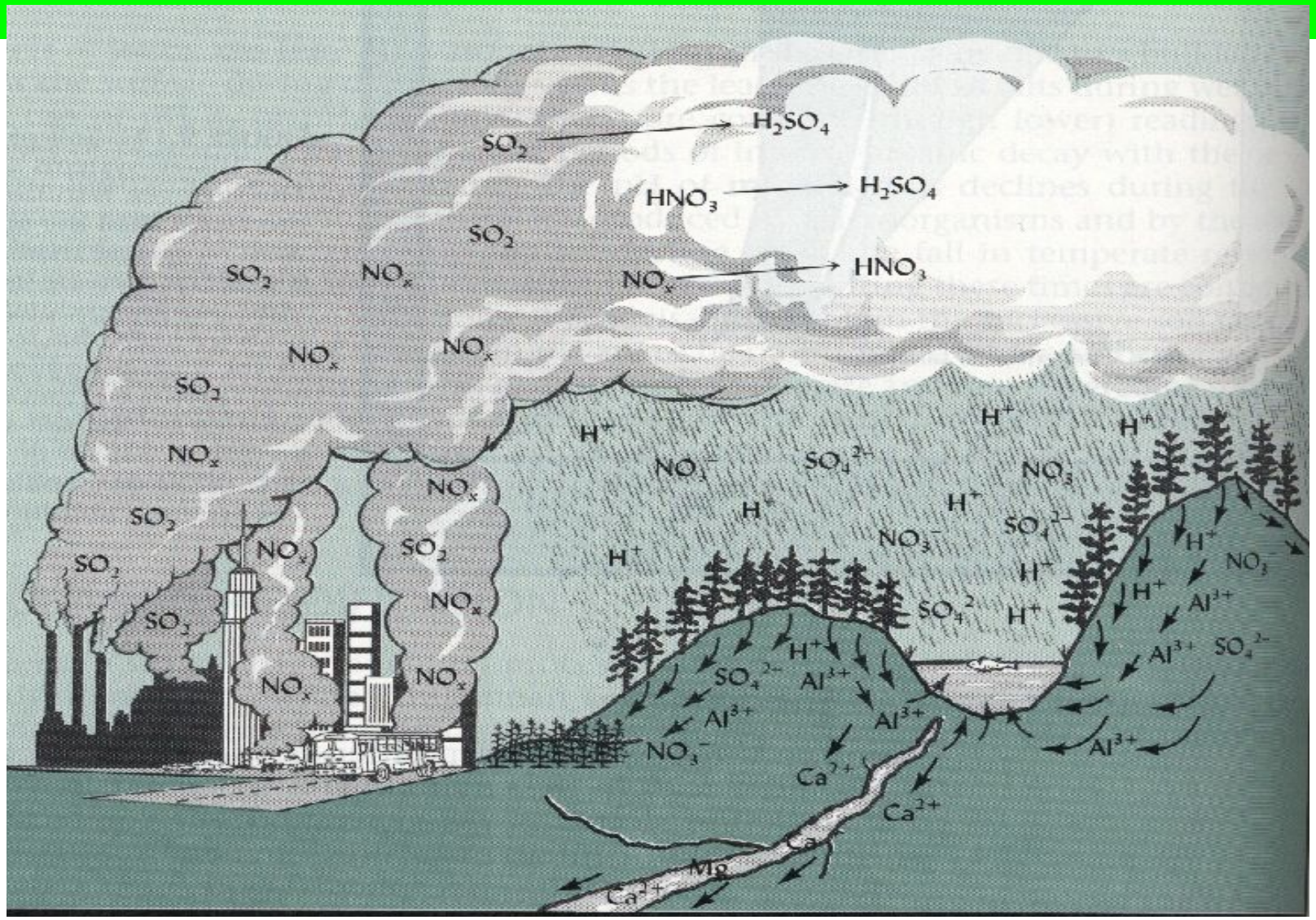
Образуемая углекислота в процессе газообмена частично выделяется в атмосферу, частично как тяжёлый газ опускается в нижние горизонты.

В верхних горизонтах, где газообмен осуществляется полнее, почвенный воздух богаче кислородом и относительно беднее углекислотой, в нижних горизонтах, в которых газообмен затруднён, содержание кислорода ниже, а углекислоты выше.

ГЛОБАЛЬНЫЙ ЦИКЛ УГЛЕРОДА

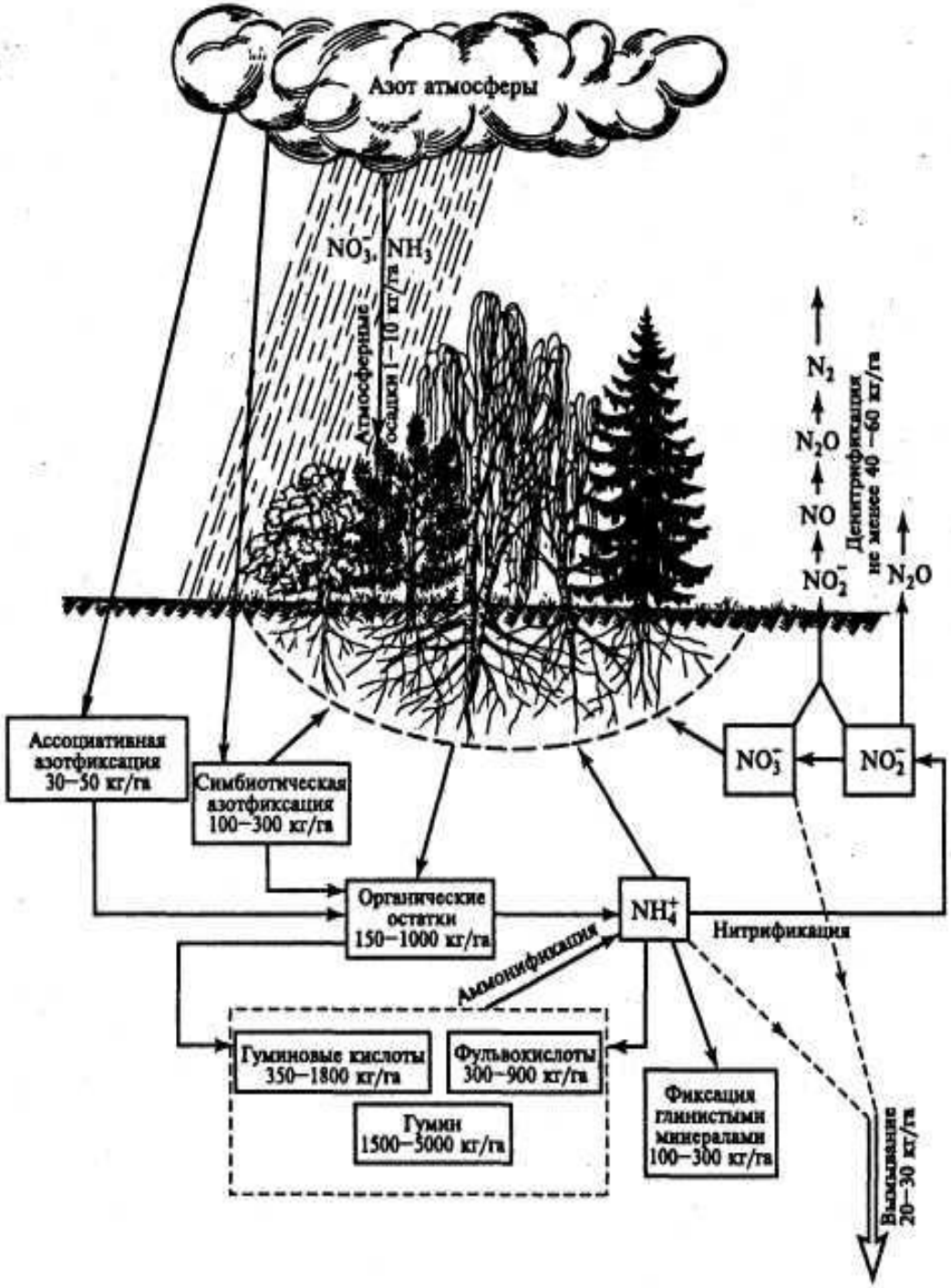


Антропогенное воздействие



Трансформация соединений азота в почвах включает следующие процессы:

1. **фиксация атмосферного азота свободноживущими и клубеньковыми бактериями;**
2. **превращение азотсодержащих соединений органических остатков в гумусовые кислоты;**
3. **аммонификация органических азотсодержащих соединений;**
4. **процессы нитрификации;**
5. **денитрификация и потеря азота в атмосферу;**
6. **фиксация иона NH_4^+ глинистыми минералами;**



Аэрация

- Некапиллярные скважины, проводя воду в более глубокие слои почвы и не удерживая её, обычно свободны от воды и заполнены воздухом.
- Величина их определяет запас свободного воздуха в почве, её воздухоёмкость.
- Некапиллярные скважины служат главными путями обмена почвенного воздуха с атмосферным, т.е. воздухообмена. Если на небольшой глубине залегают грунтовые воды или слои с низкой водопроницаемостью, то в период обильного выпадения осадков и снеготаяния водой на продолжительное время могут быть заполнены и некапиллярные скважины.
- Это затрудняет аэрацию и приводит к установлению анаэробных условий.

Почвенный воздух

- Суммарная порозность почв от 25 до 60%.
- Существенно отличается по составу от атмосферного – меньше кислорода и больше CO_2.
- Приземный слой воздуха содержит в несколько раз больше CO_2.
- За сутки с 1 га почвы выделяется в среднем от 10-20 до 100 кг CO_2.

Регулирование воздушного режима почв

— улучшение физических свойств
— улучшение физико-химических свойств
— улучшение химических свойств

Приёмы регулирования газового режима почв

- ***Испарение***
- Часть поступающей в почву воды возвращается обратно в атмосферу в результате транспирации растительностью и испарения с поверхности почвы, что приводит к иссушению верхних слоев почвы. Величина испарения влаги с поверхности почвы обусловлена свойствами почвы и состоянием атмосферы.
- Повышение температуры и понижение насыщенности водяными парами атмосферного воздуха увеличивает расход влаги на испарение с поверхности почвы.
- Величина испарения ограничена запасом воды в верхнем слое почвы, возможностью пополнения этого запаса путем подъёма влаги по капиллярам из нижних горизонтов или в результате выпадения осадков. Если грунтовые воды лежат глубоко, то возможность потери влаги ограничена капиллярноподвешенной и отчасти физически связанной водой.
- Если грунтовые воды или верховодка лежат на сравнительно небольшой глубине и возможен их капиллярный подъём к поверхности, то расход влаги на испарение сильно возрастает.

Для почв с затрудненным газообменом коэффициент дыхания >1, т.к. в таких почвах возникает большое количество анаэробных микрозон.

Количество O_2 потребляемого растениями зависит от их биологических особенностей и условий среды.

При увеличении t^0 почвы с 5^0 до 30^0 интенсивность поглощения O_2 и выделение CO_2 возрастает в 10 раз.

мульчирование

При недостатке O_2 в почве развиваются анаэробные процессы с образованием токсичных соединений. Снижается содержание доступных питательных веществ. Ухудшаются физические свойства почвы.

Летом почва поглощает O_2 и выделяет CO_2 в несколько раз больше, чем ранней весной и поздней осенью.

Регулируют воздушный режим путём улучшения физических свойств и структуры почвы:

- **это обработка почвы, внесение органических удобрений, выращивание многолетних трав, отвод излишнего количества воды с почвы, известкование кислых и гипсование засоленных почв.**

Особенно велика роль обработки почвы.

- Хорошо взрыхленные почвы (плотность которых не превышает 1,2-1,3 г/см^3) даже при сравнительно высокой влажности углекислого газа содержат не более 0,2-0,6, а кислорода – не менее 20 %, то есть имеют удовлетворительный воздушный режим. В уплотнённых и сильно увлажнённых почвах содержание углекислого газа поднимается до вредного уровня – 2 и даже 5-6%.

Глубокое рыхление

- обеспечивает проникновение воздуха в нижние слои почвы, что способствует прорастанию корней вглубь и усиливает засухоустойчивость растений.
- Рыхление верхнего слоя почвы предотвращает образование почвенной корки.

Гребневание

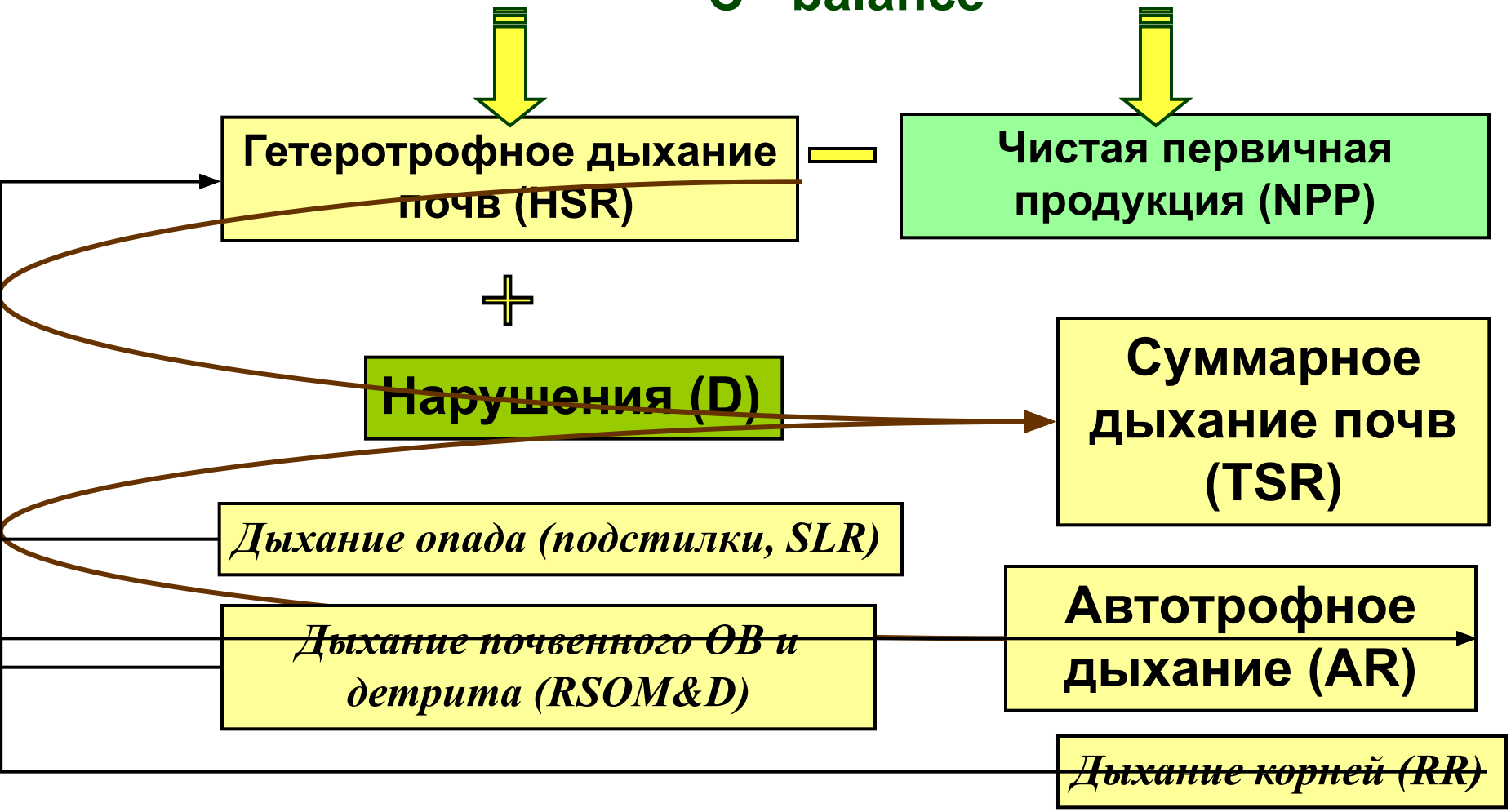
- способствует лучшему прогреванию почвы, усиливает теплообмен воздуха с почвой, повышает устойчивость растений к заморозкам. В результате прикатывания среднесуточная температура повышается на 3...5 °С в 10-сантиметровом слое, залегающем ниже уплотненной прослойки.

O_2 поступает в почву диффузно с осадками и оросительной водой.

$P_{аэр} \geq 20\%$

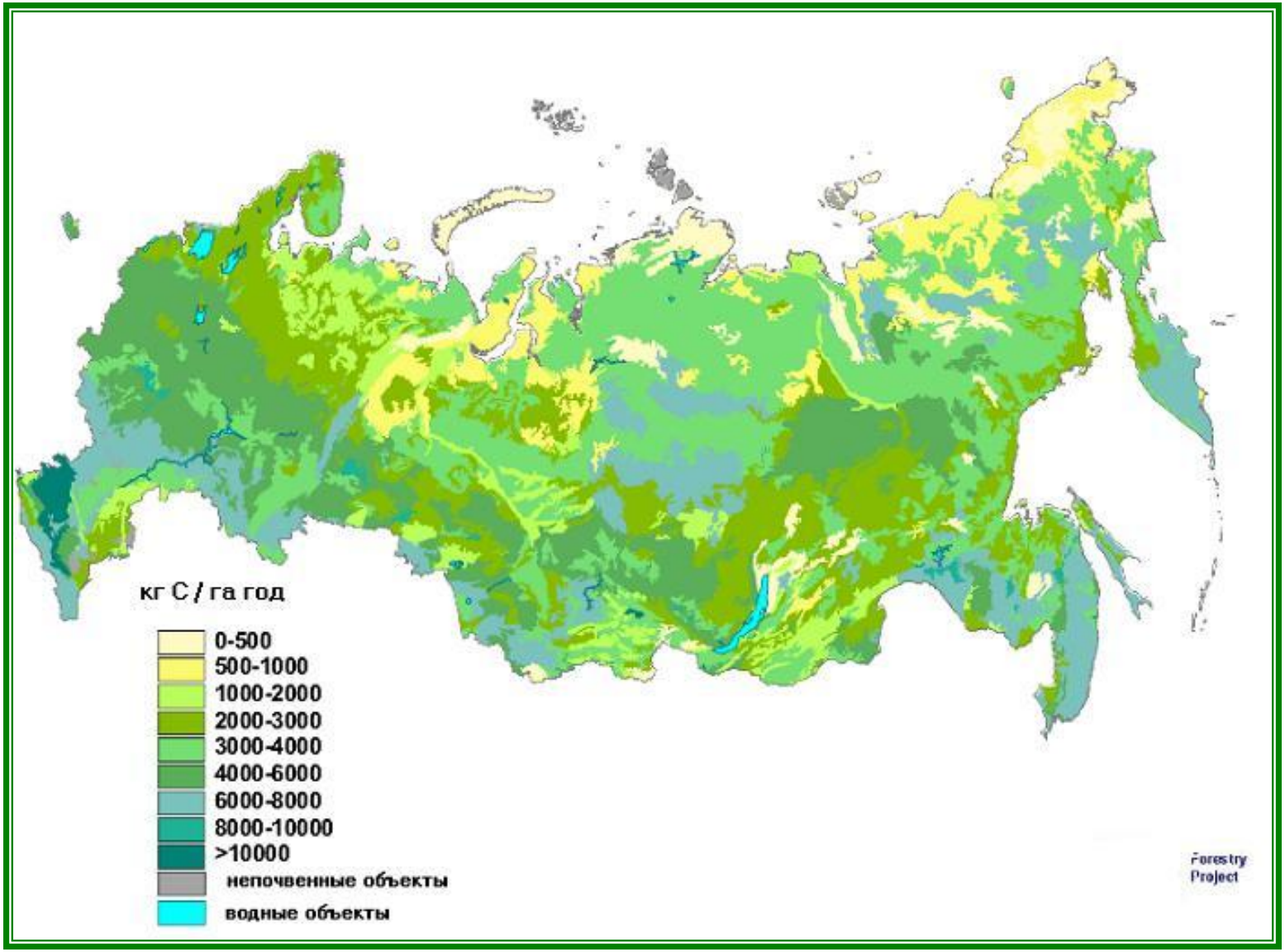
Баланс углерода в наземных экосистемах

C - balance



$$\text{C-balance} = HSR - NPP + D = (TSR - RR + D) - NPP$$

Годовая эмиссия CO_2 из почв России

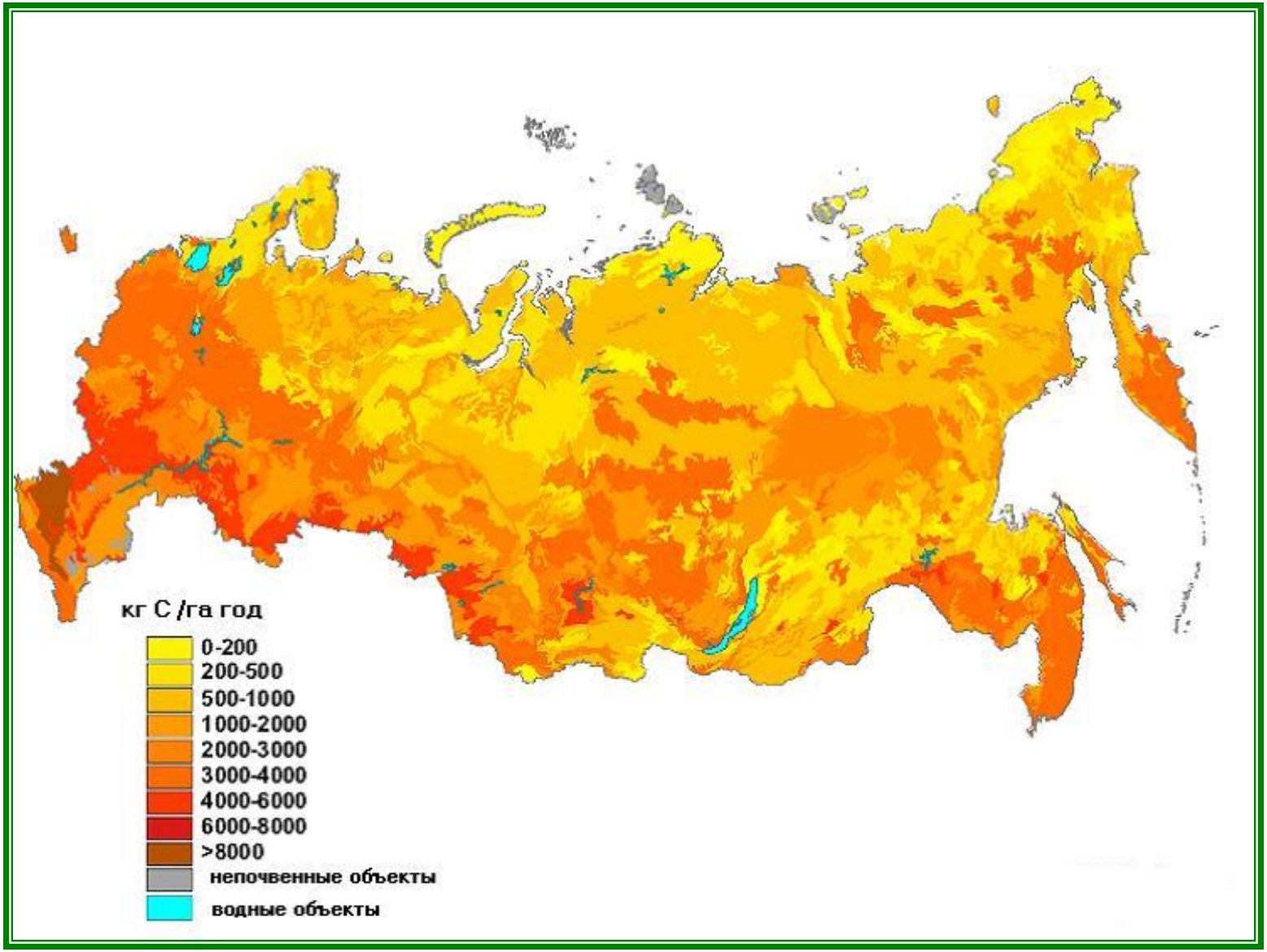


ДЫХАНИЕ ПОЧВЫ

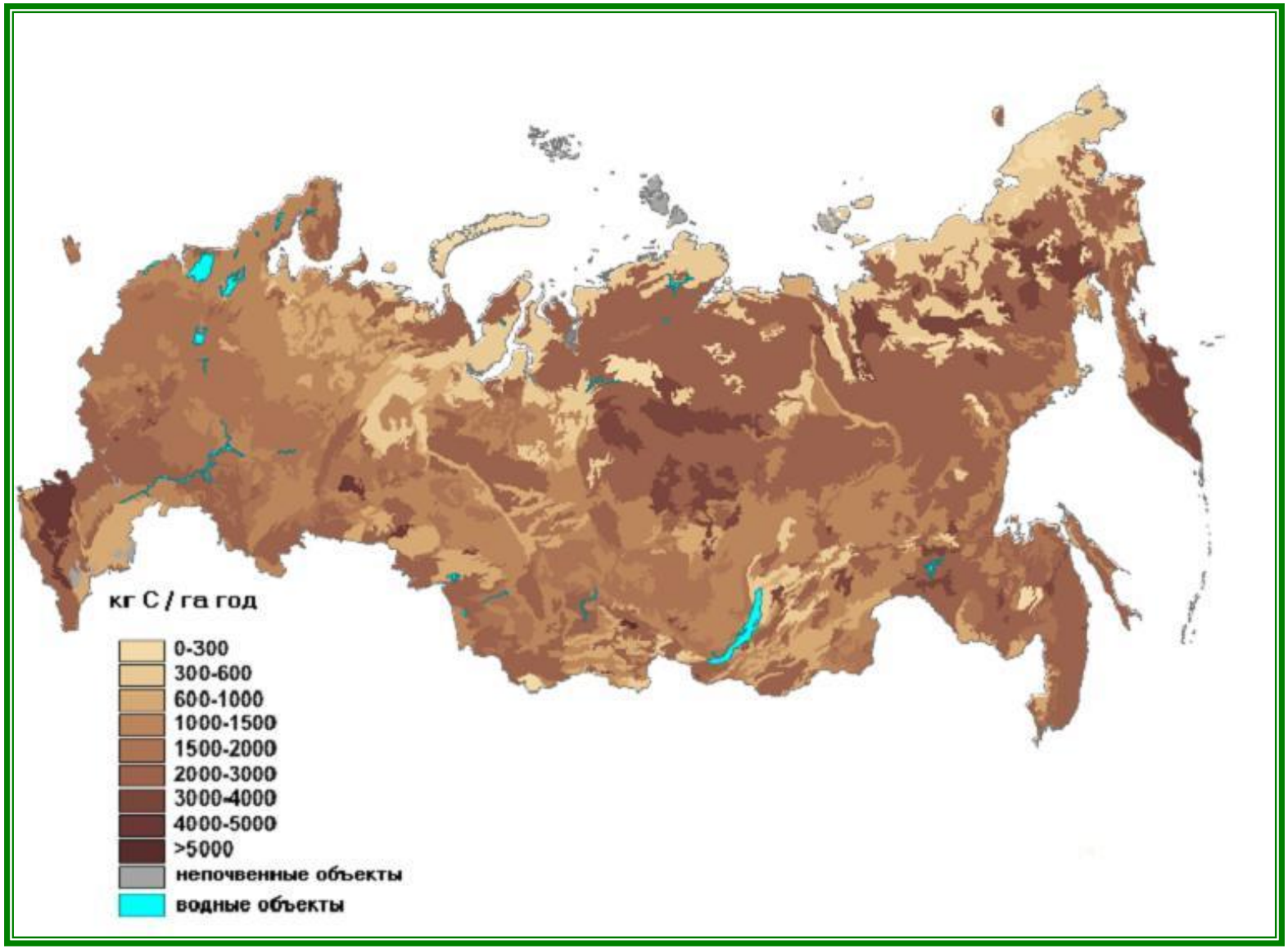
- – ритмичный воздухообмен между *почвой* и *атмосферой*, происходящий в результате расширения и сжатия *почвенного воздуха*

при колебаниях температуры почвы или изменениях атмосферного давления.

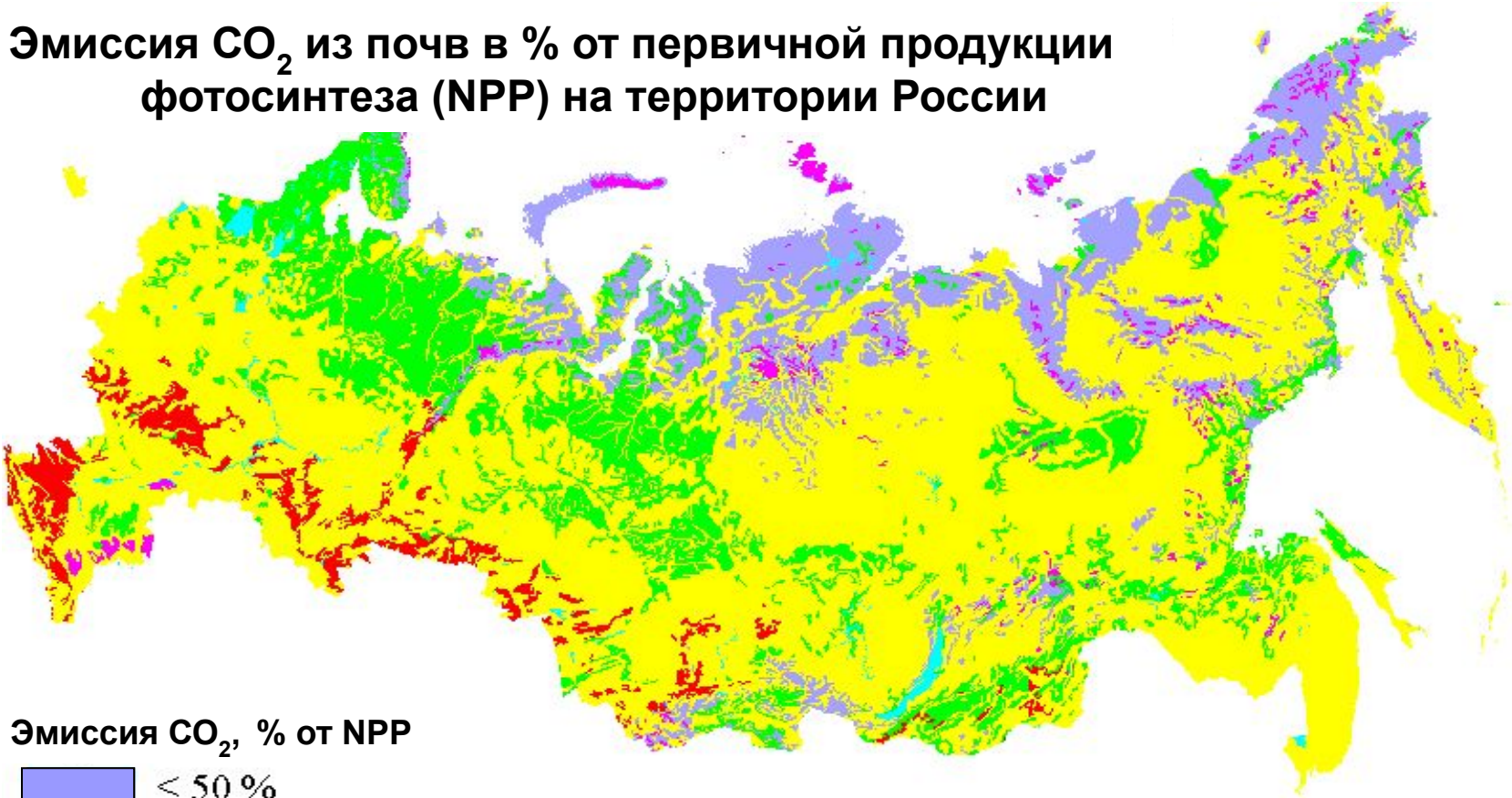
Гетеротрофное дыхание почв России



Корневое дыхание в почвах России



Эмиссия CO_2 из почв в % от первичной продукции фотосинтеза (NPP) на территории России



Эмиссия CO_2, % от NPP

- < 50 %
- -50 - 75 %
- -75 - 100 %
- > 100 %
- Не почвенные объекты
- Водные объекты

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН

Баланс C-CO_2 на территории России в среднем за год в период 1996-2002гг.

Компоненты баланса	млн.т/год	%
Первичная продукция фотосинтеза (сток)	4450*	100
Эмиссия (источники) в том числе:	3582	80
микробное дыхание почвы**	2800	63
с источники, не связанные дыханием почвы	782	17
Баланс	868	20

*среднее из двух оценок (Кудеяров, 2000; Мокроносов, 1999)
**среднее по двум способам расчета (Кудеяров, 2000)

Задачи.
Диффузионный перенос газов.

- Поток газа, q_α , определяется законом Фика, который для движения газа в свободном воздухе:

$$J = -D\frac{\partial C}{\partial x}$$

где J – диффузионный поток газа [г/(м^2•сут), моль/(см^2•сут) и пр.], D_o – коэффициент диффузии газа в воздухе [см^2/сут, см^2/сек], dC/dx – градиент концентрации газа [г/м^3, моль/м^3 и пр.].

Для расчёта диффузионного потока того или иного газа необходимо знать градиент его концентрации и ***эффективный коэффициент диффузии.***

- ***Эффективный коэффициент диффузии*** **– это способность газа диффузионно передвигаться в почве с учётом извилистости порового пространства и воздухоносной порозности.**
- **Эффективный коэффициент диффузии газа будет меньше коэффициента диффузии в свободном воздухе за счёт того, что газ движется только по порам, занятым воздухом, и эти поры извилисты.**
- **Наиболее употребительной формулой для расчёта коэффициента эффективной диффузии является: уравнения, разработанные Бугингэмом (1904) с численным коэффициентм извилистости (f), предложенным Пенманом (1940) и равным 1,52:**
- $D_1 = D_o \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{air} / f = D_o \cdot 0{,}66 \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{air}$.
- Для решения почвенных задач коэффициенты диффузии D_o для CO_2 и O_2 составляют величины, близкие к 0,14 и 0,18 $см^2$/сек, которые можно использовать при дальнейших расчётах.

Следует помнить, что

- При нормальном атмосферном давлении и температуре, близкой к 20°C воздух, в том числе и почвенный, имеет плотность, близкую к 1,2 г/дм^{3}, молекулярную массу около 29, а концентрация в атмосферном воздухе CO_2 близка к 0,03% (к объёму) или 0,5 г/м^{3}.

Пример

- Рассчитать поток CO_2 с 5-см глубины в приземный слой воздуха, если его концентрация на этой глубине составляет 2,0 г/см^3 ,а объёмная влажность почвы равна 30% при её порозности ε= 45%.

Поток рассчитаем по уравнению Фика с учётом того, что воздухоносная порозность составит

$\boldsymbol{\varepsilon_{air} = \varepsilon - \Theta = 0{,}44 - 0{,}3 = 0{,}14}$ [см^3/см^3],

а перепад концентраций

$\Delta C = 2{,}0 - 0{,}5 = 1{,}5$ [г/м^3], или $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ [г/см^3]:

$\boldsymbol{q^d_\alpha = - D_o\, \Delta C / \Delta Z = - D_o \cdot 0{,}66 \cdot \varepsilon_{air} \cdot \Delta C / \Delta Z =}$

$0{,}14$ [см^3/сек] $\cdot 0{,}66 \cdot$ [$0{,}14$ см^3/см^3] $\cdot\ 1{,}5 \cdot 10^{-6}$ [г/см^3]:5 [см]=

$0{,}019 \cdot 10^{-6}$ [г/(см^2 •сек)] =

$0{,}684$ [г/(м^2 •час)]

Задачи по расчётам диффузионных потоков газов связаны с балансом газов в почве, продуцированием CO_2 почвой.

- Поэтому подобные задачи оказываются весьма актуальными, так как выделение «парниковых» газов почвами вносит большой вклад в атмосферное состояние планеты.
- ***ПРИМЕР.***
- **Рассчитать, какое количество [кг/га] кислорода проникнет в почву за 0,5 суток при его потоке в почву, равном 5,0 г/(м^2 •сут).**

Решение

- Это обычная задача по расчёту баланса. Надо лишь учесть перевод размерностей:
- 0,005 [кг/(м^2 •сут)] • 0,5 [сут] = 0,0025 [кг/м^2] = 2,5 [кг/га].
- Ответ:2,5 [кг/га].

Для нормальной жизнедеятельности **растений** им необходим кислород (атмосферный и почвенный), используемый для *дыхания*.

- На интенсивность *дыхания содержание* в атмосфере большого количества кислорода отрицательного воздействия не оказывает, но понижение его концентрации до 1—2% существенно снижает интенсивность *дыхания* и на смену аэробному *дыханию* приходит резко отличающийся процесс анаэробного.
- Основные элементы питания максимально увеличиваются при содержании кислорода в почвенном воздухе около 10%, однако максимальный рост томатного **растения** достигается при 21%.

Воздушно-газовый состав почвы и воздуха

- Воздух необходим томату с самого начала прорастания семян. При недостатке ***воздуха*** семена медленно прорастают, корни приостанавливаются в росте, нарушается нормальный процесс питания. Излишняя загущенность **растений** или чрезмерная их облиственность затрудняет активный обмен ***воздуха***, его свободную циркуляцию, что повышает влажность ***воздуха*** внутри посевов и способствует появлению вредителей и болезней. Удаление листьев в приземном ярусе **растений** улучшает условия воздухообмена, а также световой, тепловой и водный режимы.

Для нормальной жизнедеятельности **растений** им необходим кислород (атмосферный и почвенный), используемый для *дыхания*.

- На интенсивность *дыхания содержание* в атмосфере большого количества кислорода отрицательного воздействия не оказывает, но понижение его концентрации до 1—2% существенно снижает интенсивность *дыхания* и на смену аэробному *дыханию* приходит резко отличающийся процесс анаэробного.
- Основные элементы питания максимально увеличиваются при содержании кислорода в почвенном воздухе около 10%, однако максимальный рост томатного **растения** достигается при 21%.

- Кроме кислорода, положительное влияние на развитие **растений** оказывает диоксид углерода, поглощаемый зелёными листьями для ассимиляции углерода с помощью энергии солнечного света. Оптимальное *содержание* его, при котором повышается синтез органического вещества, зависит прежде всего от освещенности, температуры и влажности *почвы*.
- Томатные **растения** хорошо развиваются, когда *содержание* CO_2 в воздухе возрастает от 0,03 до 0,09—0,2%.

- Возможность увеличения *содержания* CO_2 в воздухе в открытом грунте пока ограничены, но использование органических удобрений, приемов обработки *почвы* и обеспечение воздухообмена между почвой и атмосферой, уничтожение сорной растительности и другие элементы технологии способствуют поддержанию оптимального *содержания* CO_2 в посевах или посадках томата.
- **В защищенном грунте применяют подкормки CO_2.**
- Постоянный приток ***воздуха*** в почву является обязательным условием для нормального развития томатного **растения**: отсюда вытекает необходимость более частого рыхления участков, занятых томатом, особенно на тяжёлых почвах.

Приёмы регулирования газового режима почв

- ***Испарение***
- Часть поступающей в почву воды возвращается обратно в атмосферу в результате транспирации растительностью и испарения с поверхности почвы, что приводит к иссушению верхних слоев почвы. Величина испарения влаги с поверхности почвы обусловлена свойствами почвы и состоянием атмосферы.
- Повышение температуры и понижение насыщенности водяными парами атмосферного воздуха увеличивает расход влаги на испарение с поверхности почвы.
- Величина испарения ограничена запасом воды в верхнем слое почвы, возможностью пополнения этого запаса путем подъёма влаги по капиллярам из нижних горизонтов или в результате выпадения осадков. Если грунтовые воды лежат глубоко, то возможность потери влаги ограничена капиллярноподвешенной и отчасти физически связанной водой.
- Если грунтовые воды или верховодка лежат на сравнительно небольшой глубине и возможен их капиллярный подъём к поверхности, то расход влаги на испарение сильно возрастает.

Аэрофизика почв (газовая фаза почвы)

Методы изучения воздушных свойств почв и состава почвенного воздуха

Воздухоёмкость

Объём, занимаемый в почве воздухом, определяют буровым методом

или измеряют с помощью специального аэропикнометра.

Выделение и учёт адсорбированного воздуха.

- **Метод Соболева.**
- **Метод основан на вытеснении адсорбированного газа водой и учёте объёма выделившегося газа.**

Воздухопроницаемость почвы

- Манометрический метод – основан на учёте времени выравнивания градиента давления в сосуде, соединённом последовательно с почвой и атмосферой.
- Реометрический метод – непосредственное измерение скорости прохождения воздуха через почву с помощью реометра.

Газообмен между почвой и атмосферой (аэрация)

- Определение газообмена по содержанию CO_2 в приземном слое воздуха – метод Штатнова.

Диффузионный газообмен

Измерение диффузии газа по изменению концентрации.

Прибор Поясова.

Анализ почвенного воздуха

- ***Взятие проб почвенного воздуха*** – буровой метод.
- Игла-бур Вершинина и Поясова.
- Для стационарных наблюдений – устанавливают газовые трубки.
- Метод вытеснения почвенного воздуха.

Определение состава почвенного воздуха

- Абсорбционный метод с использованием газоанализаторов.
- Хроматографический метод.

Определение растворённых газов в почвенном растворе.

Растворённые газы можно определить в почвенных растворах и в грунтовых водах непосредственно титрованием соответствующими реактивами или выделить их с помощью кипячения и вакуума, а затем определить состав.

Обычно в почвоведении применяют газовые хроматографы, снабженные двумя типами детекторов -

- пламенно-ионизационным и катарометром.
- В газоанализаторах комбинированного типа углеродсодержацие газы определяют с помощью ИФК-спектроскопии, а кислород – посредством электрохимического датчика.

Метод оценки генерирования (поглощения) газов почвой при инкубации в закрытых сосудах.

- Используется в почвоведении в качестве теста на биологическую активность, оценки газовой функции почвы и интенсивности минерализации её органического вещества.

Воздушный режим почв

18 февраля 2021 года.

Спасибо за внимание!