Земледелие

Еланский Сергей Николаевич

Основная формула растениеводства

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{хлорофилл + тепло, вода, питание, защита}]{\text{свет (ФАР)}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

Земледелие является наукой, изучающей и разрабатывающей способы наиболее рационального использования земли и повышения эффективного плодородия почвы для получения высоких и устойчивых урожаев с/х культур.

Основная задача земледелия – разработка технологий, позволяющих удовлетворить потребности растений и увеличить использование ФАР

Основные разделы курса

1. *Оптимизация условий жизни с/х растений*

2. *Сорные растения и борьба с ними*

3. *Севообороты*

4. *Обработка почвы*

5. *Системы земледелия*

Проблема увеличения производства продуктов питания

численность населения земли увеличилась в 2 раза

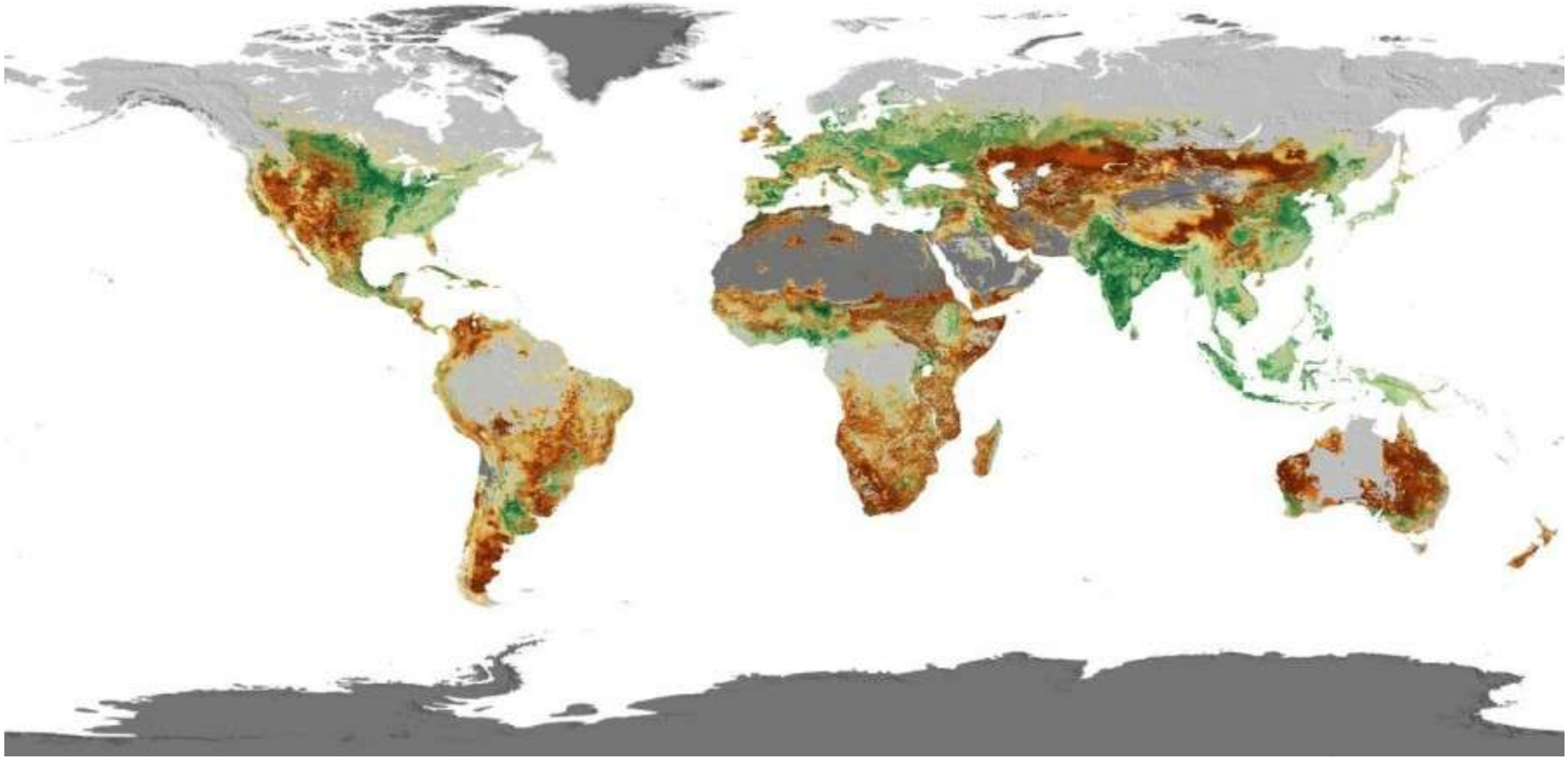
1970 → 40 лет → 2010

Потребление продуктов питания и кормов увеличилась в 3 раза

К 2030 году население планеты может достигать 8-9 млрд., из которых 6800 млн. будут жить в развивающихся странах

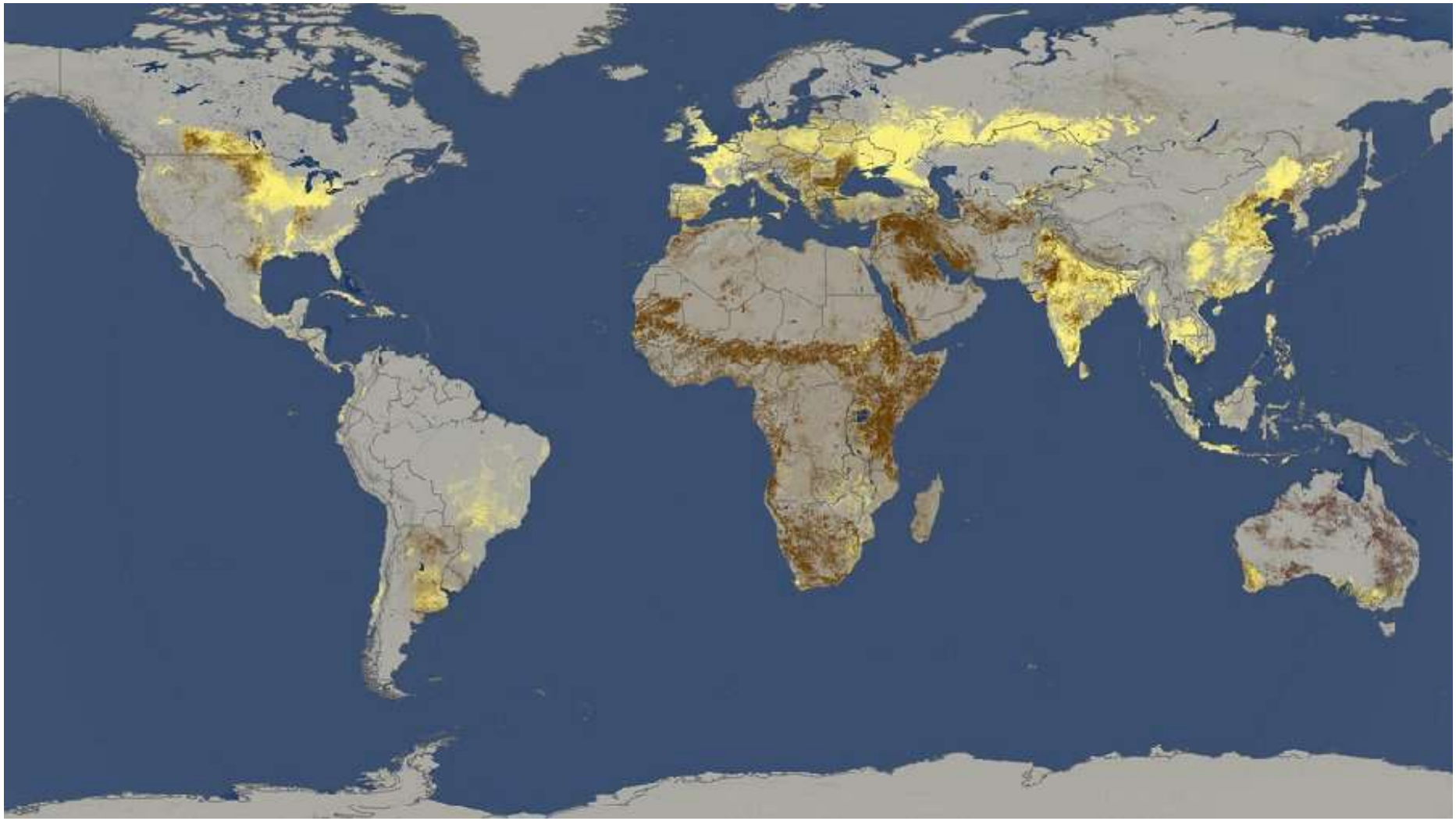
Африке необходимо будет увеличить производство продовольствия на 300%, в Латинской Америке на 80%, Азии на 70%, и даже Северной Америке на 30%.

Площади, пригодные для сельского хозяйства



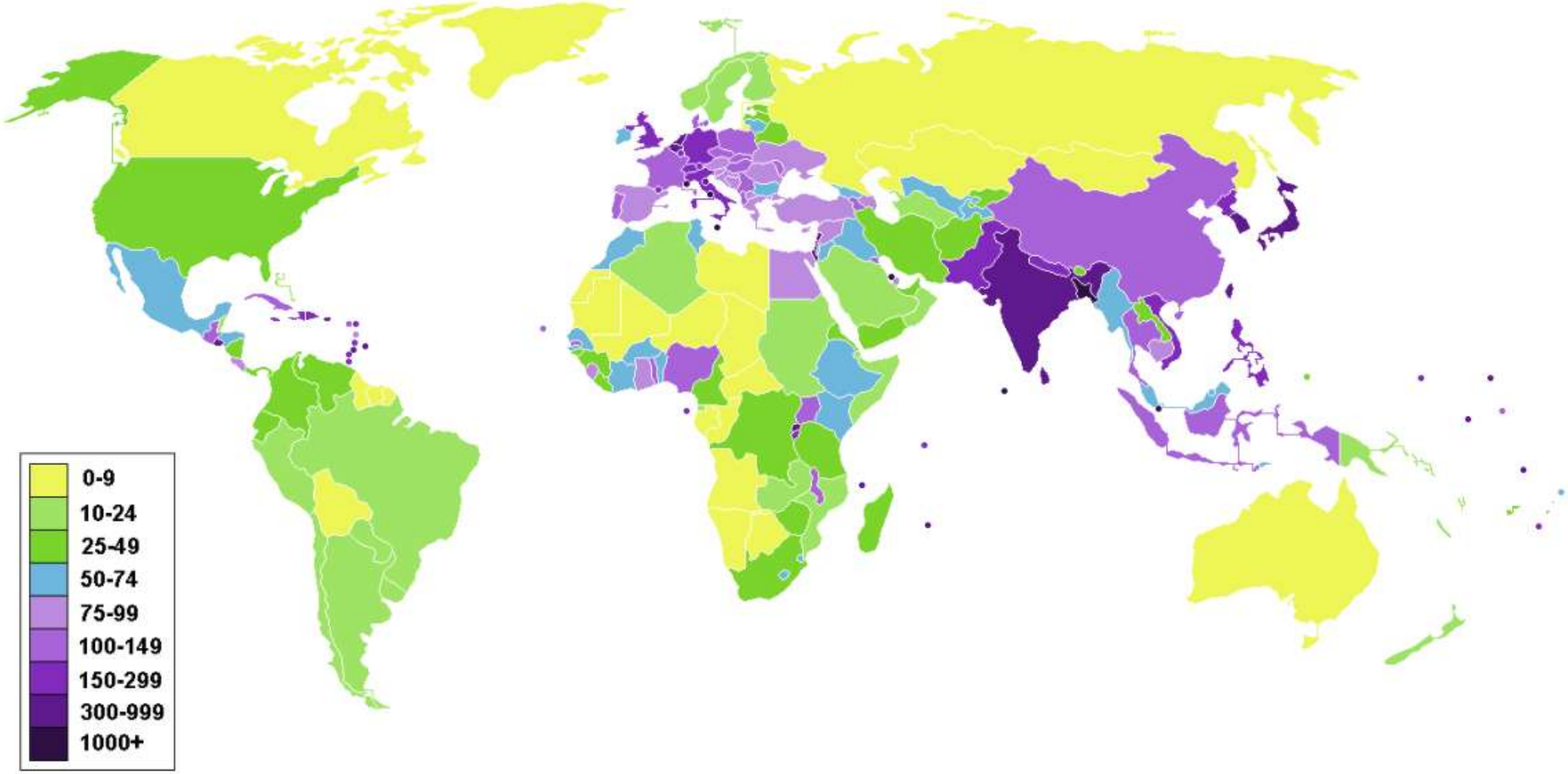
Зелёное — земли, используемые для выращивания растений,
коричневое — земли, пригодные для выпаса скота.

Площади, пригодные для сельского хозяйства, с учетом водного режима (долговременные пашни)



Жёлтым обозначены «долгосрочные пашни», коричневым – территории, испытывавшие засуху в период наблюдений (2004-2009 г). Данные NASA

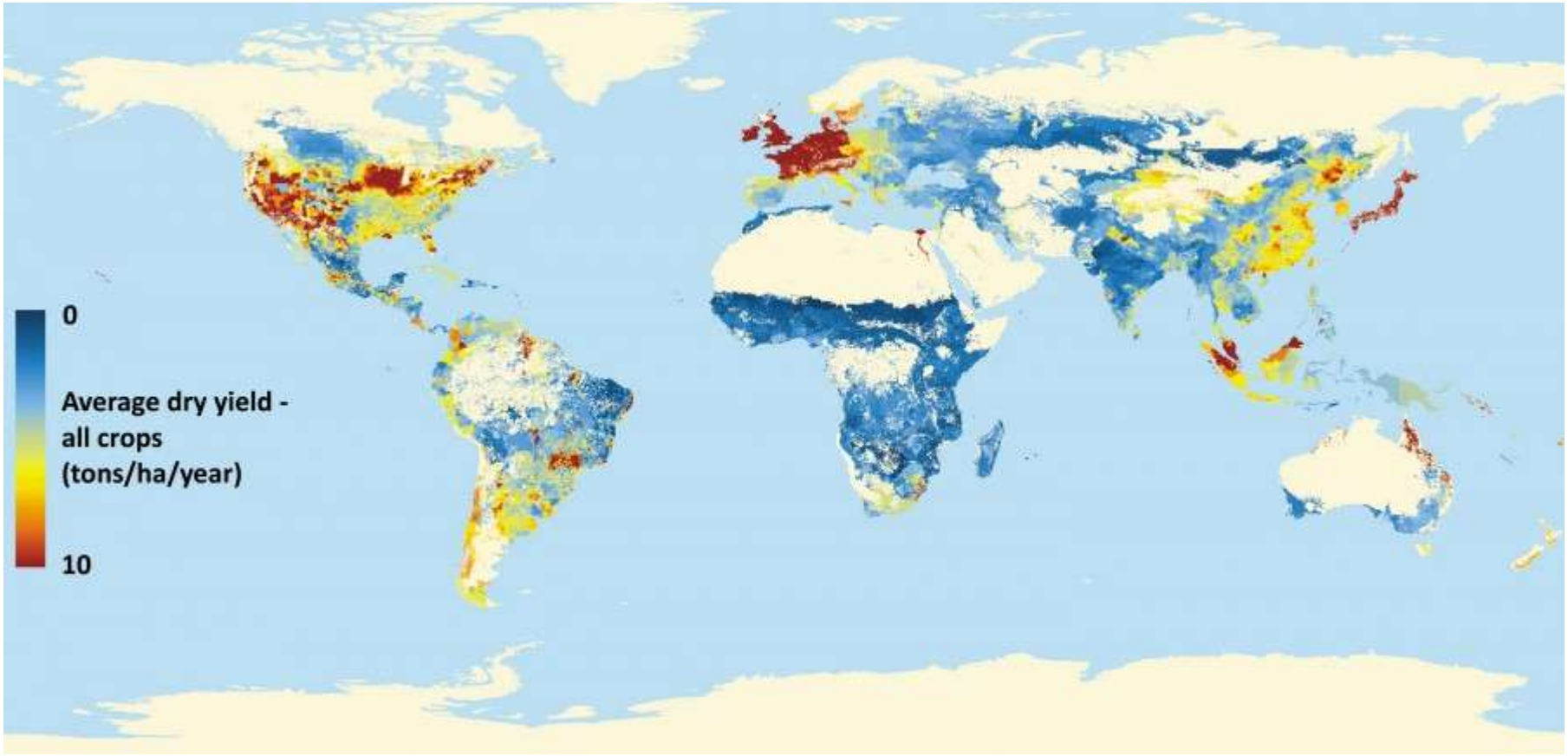
Плотность населения по странам



Площадь долговременных пашен:

США – 179 млн. га (0,7 га/чел), Индия - 170 млн. га (0,18 га/чел), Китай - 135 млн. га (0,08 га/чел), Россия - 130 млн. га (0,87 га/чел).

Суммарный урожай всех культур (в сухом весе)



Самые промышленно развитые страны уже исчерпали возможности увеличения урожая

Потенциально Россия может нарастить урожай зерновых с нынешних 100 млн. тонн до 180-200 млн. тонн

Статистика производства пшеницы стран G8

ПРОИЗВОДСТВО ПШЕНИЦЫ

	Всего, тыс. т.	На душу населения, кг
1. Франция	38325	594
2. Россия	61738	430
3. Германия	25190	308
4. Великобритания	14379	233
5. США	60314	196
6. Италия	6341	105
7. Китай	114650	90
8. Япония	674	5

Прогноз: крупнейшие экспортёры пшеницы
в сезоне 2016/2017, млн тонн
30
27
25,5
21
18,5
14,5
30
25
20
15
10
5
0
Россия
ЕС
США
Канада
Австралия
Украина
Источник: Министерство сельского хозяйства США

Решение проблемы интенсификации с/х производства возможно только за счет внедрения новых технологий

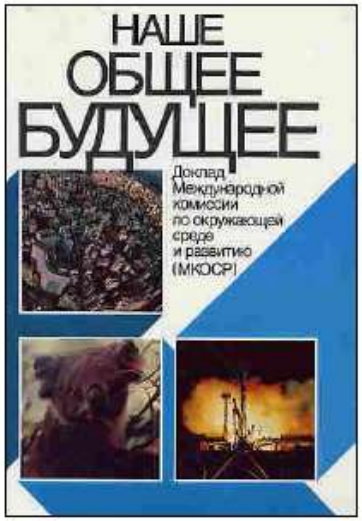
Сельское хозяйство стало наукоемкой отраслью, отзывчивой на внедрение инновационных технологий. Рентабельное производство большинства культур возможно только при использовании новой техники, технологий, пестицидов, сортов. Для работы необходимы высокообразованные кадры.

Устойчивое развитие

Из доклада «Наше общее будущее» Международной комиссии по охране и развитию окружающей среды (1987 г.):

Усто́йчивое разви́тие

«развитие при котором удовлетворяются существующие потребности без риска возможного причинения ущерба удовлетворению потребностей будущих поколений»



1. Оптимизация условий жизни с/х растений

Факторы жизни растений

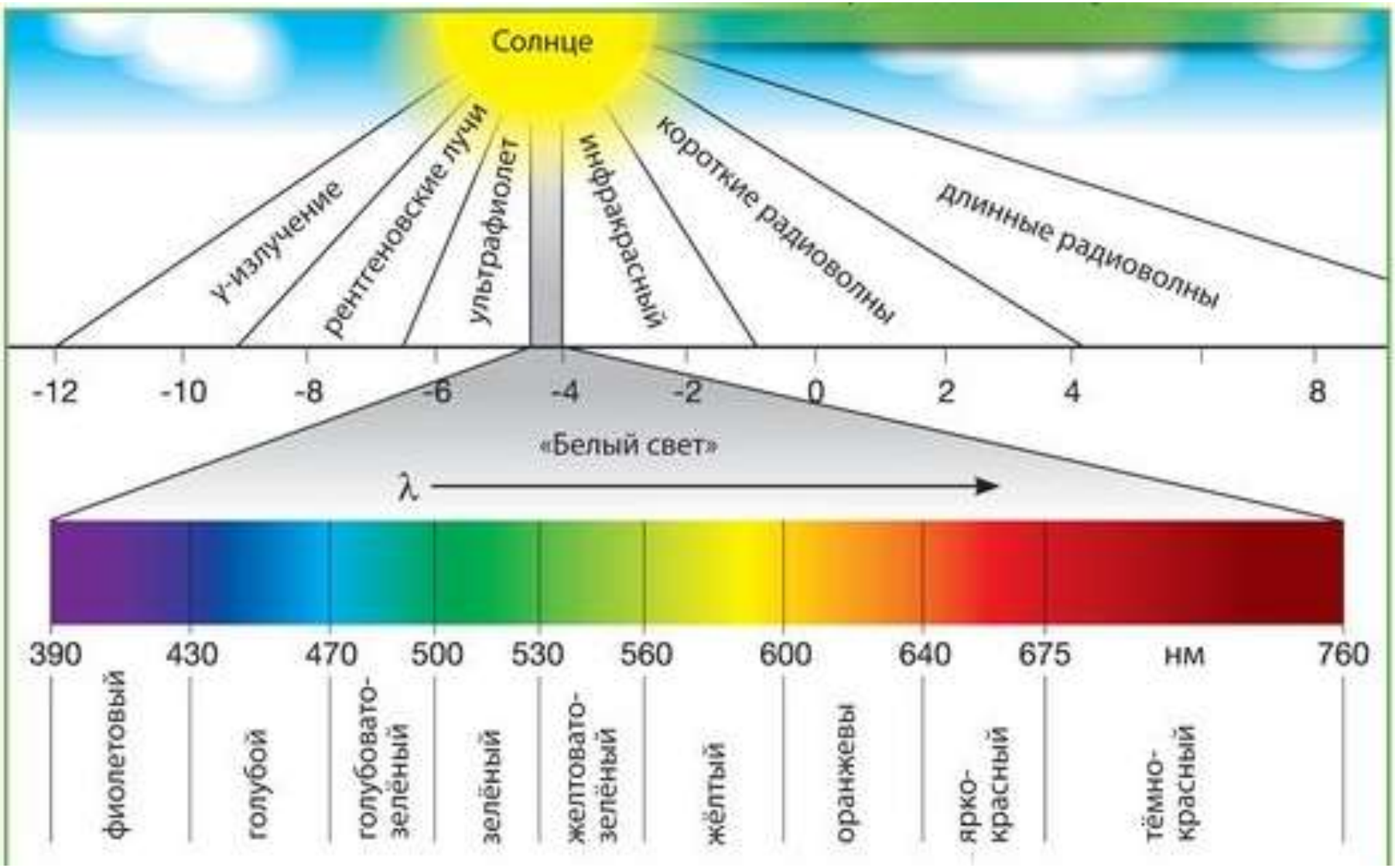
космические

Тепло
Свет

земные

Вода
Кислород
Диоксид углерода
Азот, фосфор, кальций
Другие элементы

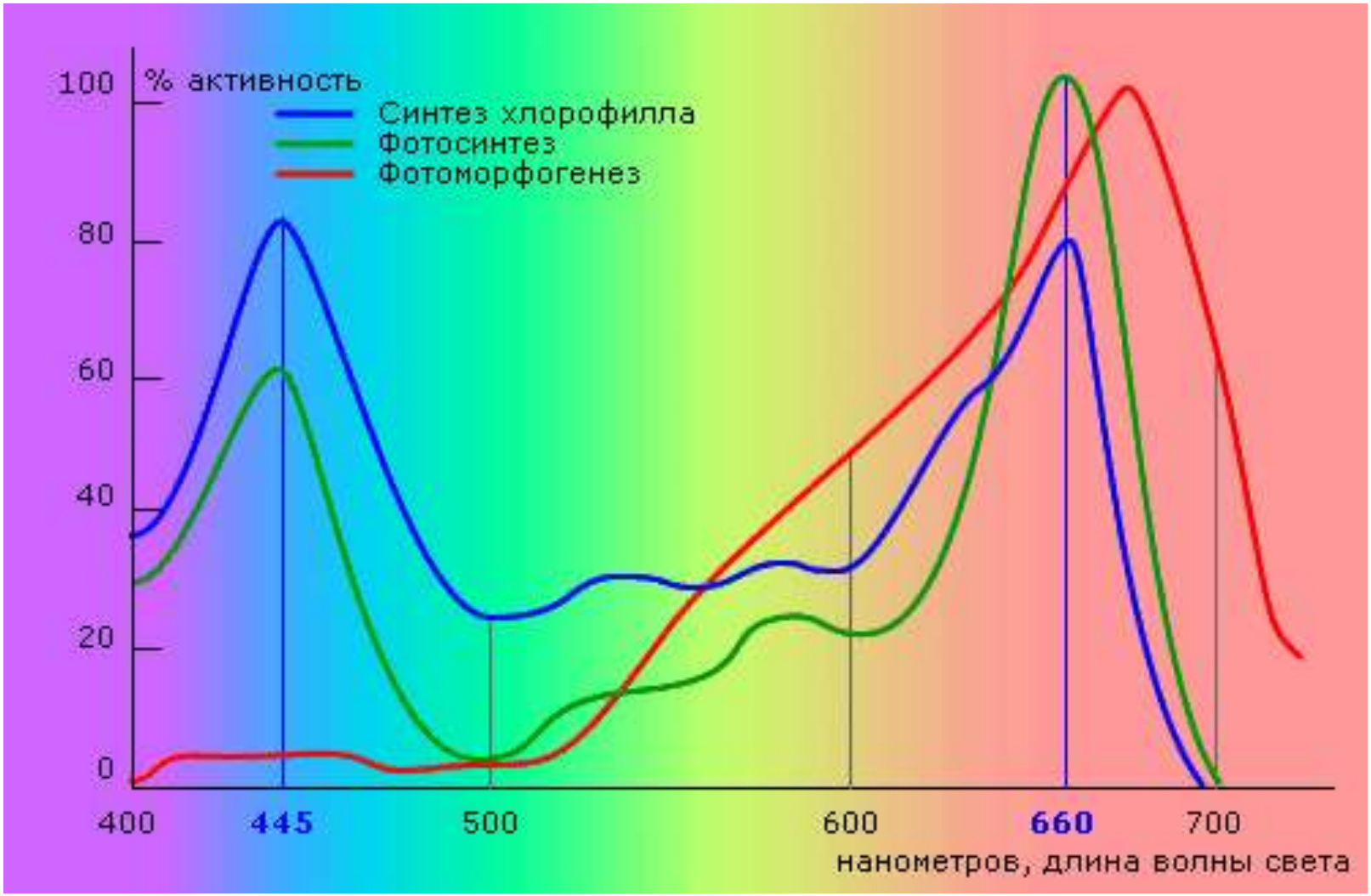
Свет



Фотосинтетически активная радиация (ФАР) - 380-710 нм

Физиологически активная радиация – 300-800 нм

Интенсивность фотосинтеза при разных длинах волн



Светолюбивые растения - гелиофиты, растения, произрастающие на открытых местах и не выносящие длительного затенения; для нормального роста им необходима интенсивная солнечная или искусственная радиация. Взрослые гелиофиты, как правило, более светолюбивы, чем молодые экземпляры.

Светолюбивые растения: томат, перец, баклажан, дыня, арбуз, огурец, фасоль, редиска, горох.
Умеренно светолюбивые - лук, чеснок, корнеплоды, капуста, бобы.

Теневыносливые растения - растения (древесные, многие травянистые под пологом лиственных пород, тепличные и др.), выносящие некоторое затенение, но хорошо развивающиеся и на прямом солнечном свету.

Теневыносливые - укроп, петрушка, сельдерей, капуста пекинская, салат, ревень, щавель, шпинат.

Свет

Световые ожоги

Фотопериодизм

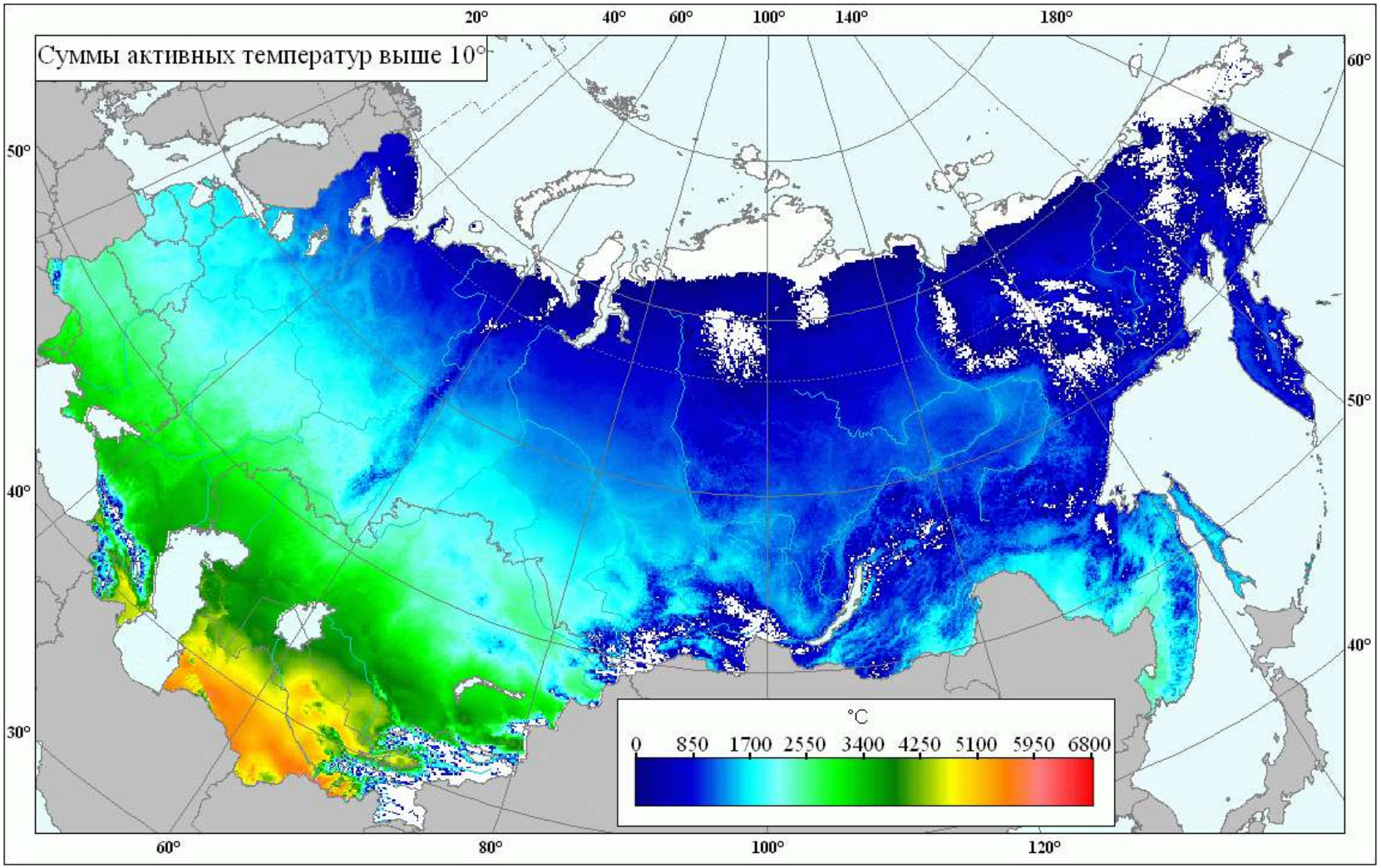
- В <u>северных</u> районах (где летом дни длиннее, чем на юге) преобладают растения длинного дня (пшеница, рожь, овес, картофель, горох, вика).
- Чтобы эти растения зацвели, длина дня должна быть больше 12 часов.

- В <u>южных</u> районах – растения короткого дня (соя, хлопчатник, рис, арахис и др.)
- Для их цветения светлое время не должно превышать 12 часов.

Потребность с-х культур в тепле

Культура	Температура начала роста (°С)	Биологическая сумма температур (°С)
Яровая пшеница	5	1400-1700
Озимая пшеница	5	1400-1500
Озимая рожь	5	1300-1400
Просо	10	1570-1875
Подсолнечник	8	1850-2300
Кукуруза	10	2100-2900
Соя	10	2140-3060
Чина	5	1600-1700
Сахарная свекла	5	1200-1800
Помидоры	10-12	1800-2000
Огурцы	13-15	1500
Картофель	7-8	1000-2000
Виноград	8	2500-3500
Рис	15	2200-3320
Ячмень	5	950-1450
Овес	5	1000-1600
Многолетние травы	2-4	900

Тепло



Сумма среднесуточных температур за те дни, когда эта температура превышает 10°С. Среднесуточные температуры исчисляются как среднее арифметическое показаний наружного термометра утром, в полдень, на исходе дня и в полночь (сумма показаний делится на четыре).

Законы земледелия –
теоретическая и практическая основа растениеводства

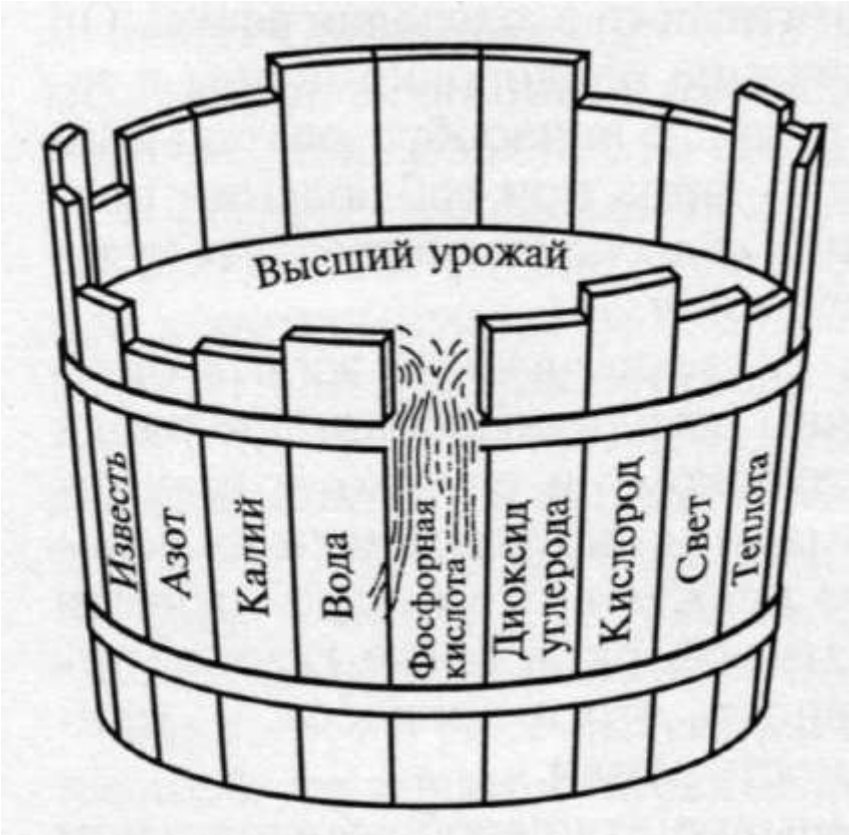
1. Закон равнозначности и незаменимости факторов жизни растений

Все факторы жизни растения равнозначны и незаменимы. Ни один фактор нельзя заменить другим. Избыток воды не может компенсировать недостаток азота.

«В агрономической практике недостаток знаний нельзя заменить избытком удобрений» (Д.Н. Прянишников)

2. Закон минимума

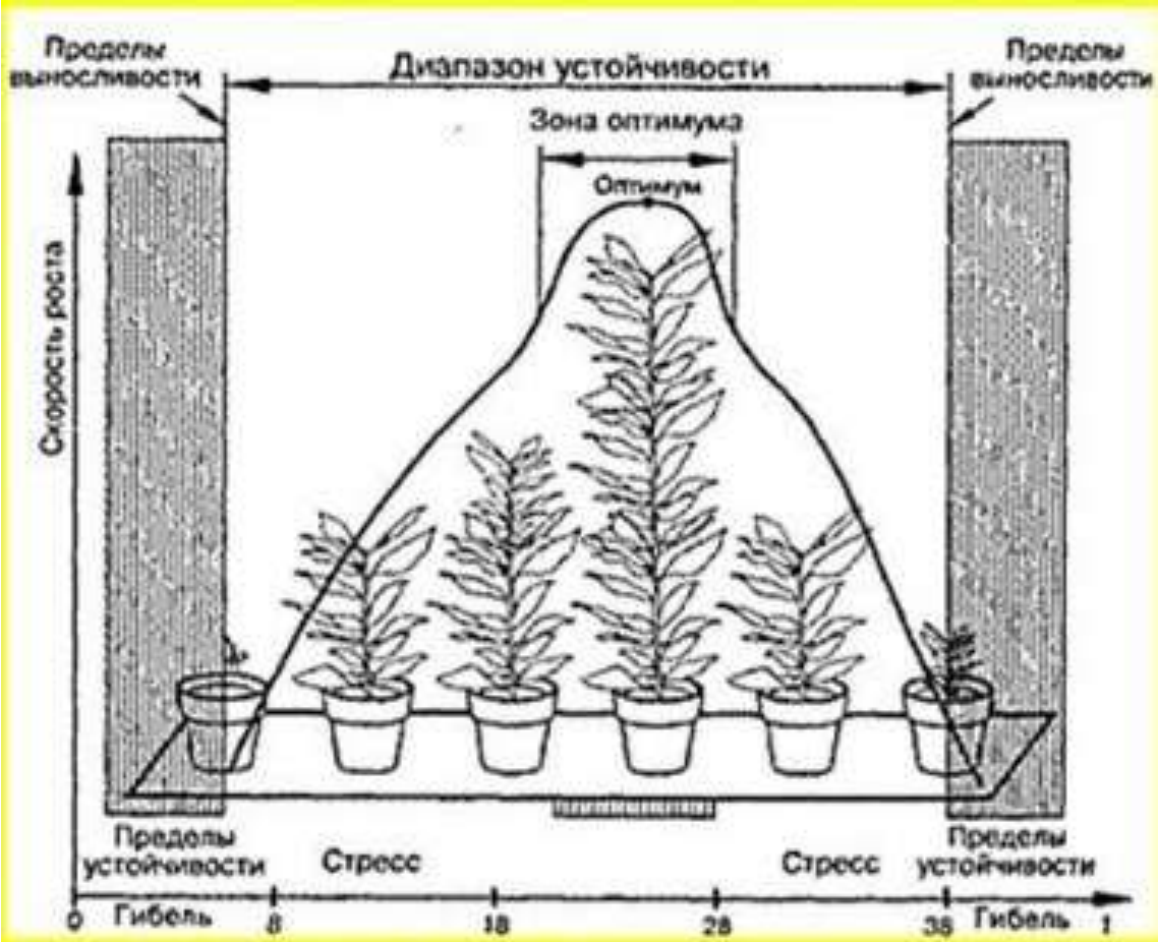
Величина урожая определяется фактором, находящимся в минимуме



Бочка Добенека

3. Закон оптимума

Максимальная урожайность достигается при оптимальном значении каждого фактора



4. Закон совокупного действия факторов жизни растения

Факторы жизни растения взаимодействуют между собой в процессе роста растения. Урожай определяется суммой действующих факторов.

Пример: влажность почвы влияет на биохимические процессы в почве и, соответственно, на усвоение растениями элементов питания.

Интерференция факторов, находящихся в минимуме – совместное отрицательное влияние на растение сильнее, чем влияние тех же факторов по отдельности.

5. Закон возврата

Все вещества, взятые из почвы с урожаем или вследствие потерь, должны быть компенсированы удобрениями

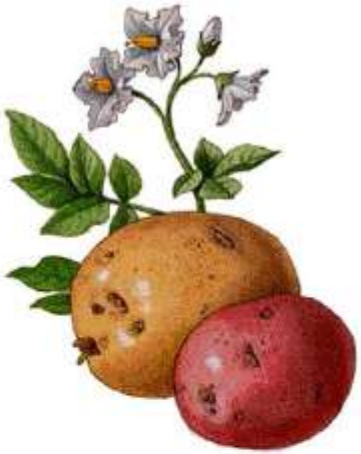
Растение	Урожайность, т/га	Вынос, кг/га		
		N	P_2O_5	K_2O
Пшеница озимая	3	80	25	55
Ячмень	3	75	28	63
Картофель	20	80	40	120
Кукуруза на силос	40	116	36	144
Бодяк полевой	-	138	31	167
Пырей ползучий	-	49	31	69
Хвощ полевой	-	280	92	278
Амброзия	-	135	40	157

5. Закон прибавки урожая

Каждая последующая прибавка урожая достигается с большими затратами, чем предыдущая.

Значение воды

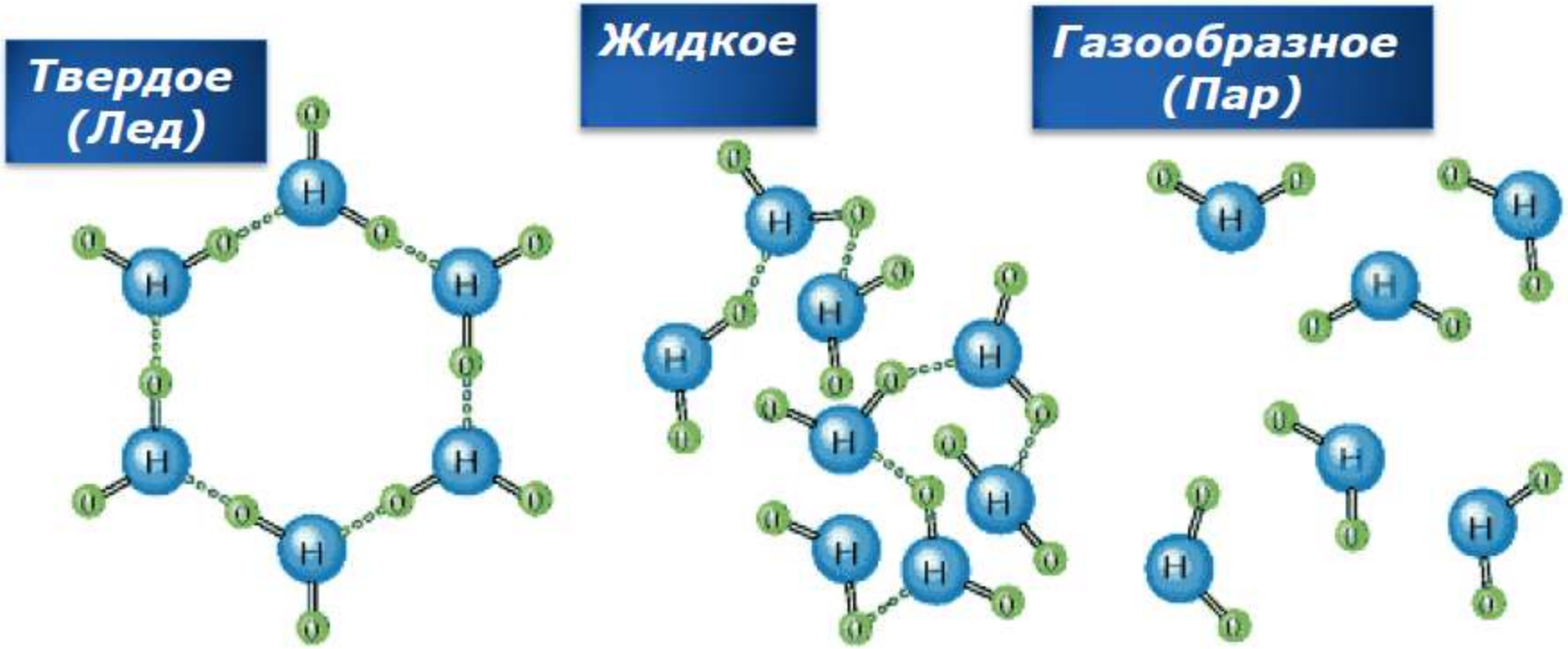
Влага в почве является элементом ее плодородия. Она участвует во всех жизненно важных процессах в растении.



- Вода является источником вещества для органического синтеза;
- Вода это среда обеспечивающая возможность осуществления различного рода биохимических процессов,
- Вода поддерживает непрерывность транспирации, с которой связано поступление в растение питательных веществ, и ряд других физиологически важных явлений.

С влажностью почвы связаны ее физико-химические свойства. От этих свойств зависит качество обработки почвы, величина тяговых усилий, сама возможность обработки почвы.
От влажности почвы зависит развитие корневой системы и других органов растений.

Возможные состояния почвенной воды



Поступление питательных веществ в растение

Питательные вещества содержатся в частичках почвы

↓

Питательные вещества переходят в почвенный раствор

↓

Через корневые волоски попадают в растение

Потребность в воде

В разные периоды развития растению требуется разное количество воды: меньше в начале роста, больше – во время формирования вегетативной массы, генеративных органов. Затухание жизненных процессов ведет к снижению потребления растением воды.

Периоды, наиболее требующие воды, называются **критическими**.

У злаков наибольшая потребность во влаге имеется во время кущения, выхода в трубку, колошения;

у кукурузы – в период цветения и молочной спелости;

у подсолнечника – при образовании корзинки,

у картофеля – в период цветения и формирования клубней;

у сахарной свеклы – во время образования и роста корнеплодов.

Круговорот воды в природе
вода в виде снега и льда
испарение снега и льда
конденсация
испарение с поверхности почвы
осадки
поверхностный сток
таяние ледников
испарение
родники
накопление пресной воды
боковой сток
вода в морях и океанах
грунтовые воды
грунтовый сток
USGS
U.S. Department of the Interior
U.S. Geological Survey
http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html

Транспирация

На транспирацию растения тратят более 95% поступаемой воды

Коэффициент транспирации (Кт) - расход воды в граммах на создание одного грамма сухой массы

Культура	$К_т$ (грамм)
Кукуруза	368
Пшеница	513
Подсолнечник	790
Ячмень	431
Картофель	636
Гречиха	578
Хлопчатник	645
Рис	410
Люцерна	831

Транспирационный коэффициент растений одного сорта может сильно колебаться в зависимости от условий окружающей среды

Транспирационные коэффициенты в различные годы
(Безенчукская опытная станция)
(1911, 1917 — годы сухие; 1915 — влажный)

Растения	1911	1915	1917
Пшеница белотурка	576,3	302,1	463,7
» полтавка	628,4	316,4	467,1
Овес гигантский	655,1	293,6	478,4
Ячмень моравский	617,9	288,1	337,3
Просо красное	443,1	198,2	280,2
Кукуруза чинквантино	437,1	159,7	350,2
Могар калифорнийский	—	207,8	287,3

Могар
(сенегальское просо)

Влажность устойчивого завядания -

влажность почвы, при которой растения начинают завядать от недостатка влаги

Величины полевой влагоёмкости и влажности завядания основных почвенных разностей орошаемых почв (в % к весу почвы)

Почвы	Полевая влагоём-кость	Влаж-ность завяда-ния	Почвы	Полевая влагоём-кость	Влаж-ность завяда-ния
Серозёмы:			Луговые и болотные		
Глинистые	25	13	Глинистые	27	14
Тяжело-суглинистые	22	10	Тяжело-суглинистые	24	12
Средне-суглинистые	19	8	Средне-суглинистые	21	9
Легкосуглинистые	16	6	Легкосуглинистые	18	7
Супесчаные	13	4	Супесчаные	15	5
Песчаные	10	2	Песчаные	12	3

Влагообеспеченность растений

Зависит от доли в почве доступной для растений воды. Доступность воды зависит от ее связи с почвой.

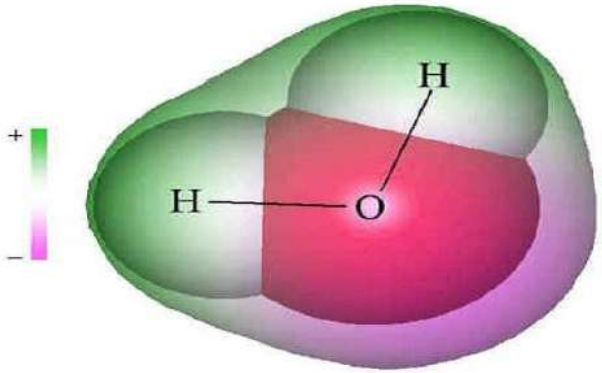
Различают 5 форм почвенной воды (по А.А. Роде, 1965):

1. **Химически связанная вода**. Входит в состав твердой фазы почвы (гипс $CaSO_4 * 2 H_2O$). Неподвижна, неспособна служить растворителем.
Наибольшее количество содержится в глинистых минералах. Удаляется при прокаливании выше 400°С при разложении минерала. **Растениям недоступна.**

2**. Вода парообразная** находится в виде водяных паров в почвенном воздухе. В условиях низкой температуры она может образовать капельножидкую воду и служит источником подземной росы. Однако влага в этой форме не имеет большого значения для водоснабжения растений. На парообразную воду приходится 0,001% всей почвенной влаги.

3. **Прочносвязанная и рыхлосвязанная вода.** Молекулы воды – диполи, способные притягиваться друг к другу и к почвенным частицам. Почвенные частицы сорбируют воду из воздуха.

Максимальная гигроскопичность почвы - количество воды, поглощаемое почвой в атмосфере, насыщенной водяными парами (98-100% RH).



Вода - диполь

4. Вода **капиллярная** занимает капилляры почвы. По ним она передвигается от более влажного слоя к более сухому. По мере испарения с поверхности почвы такой восходящий ток воды может иссушить почву. Капиллярная вода вполне доступна растениям.

Наименьшая влагоемкость (НВ) почвы – максимальное количество капиллярной воды, которое остается в почве после стекания избыточной свободной воды.

Дефицит влаги (ДВ) в почве = НВ – фактическая влажность.

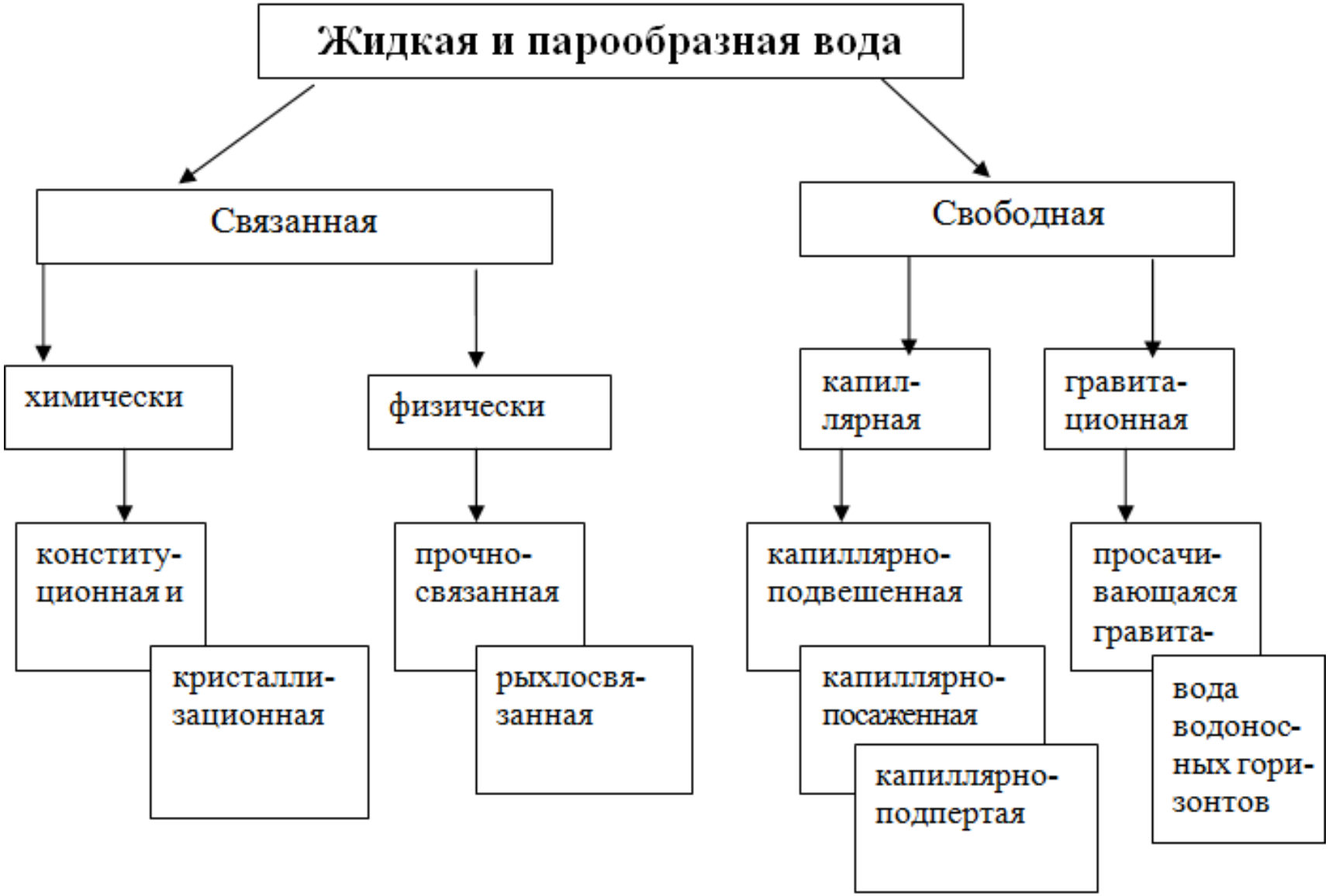
Влажность разрыва капилляров (ВРК) – ниже этого значения нарушается сплошность движения по капиллярам и вода перестает поступать к корням. ВРК=50-60% от НВ.

При расчете поливной нормы оптимальной считается влага, находящаяся в пределах от ВРК до НВ.

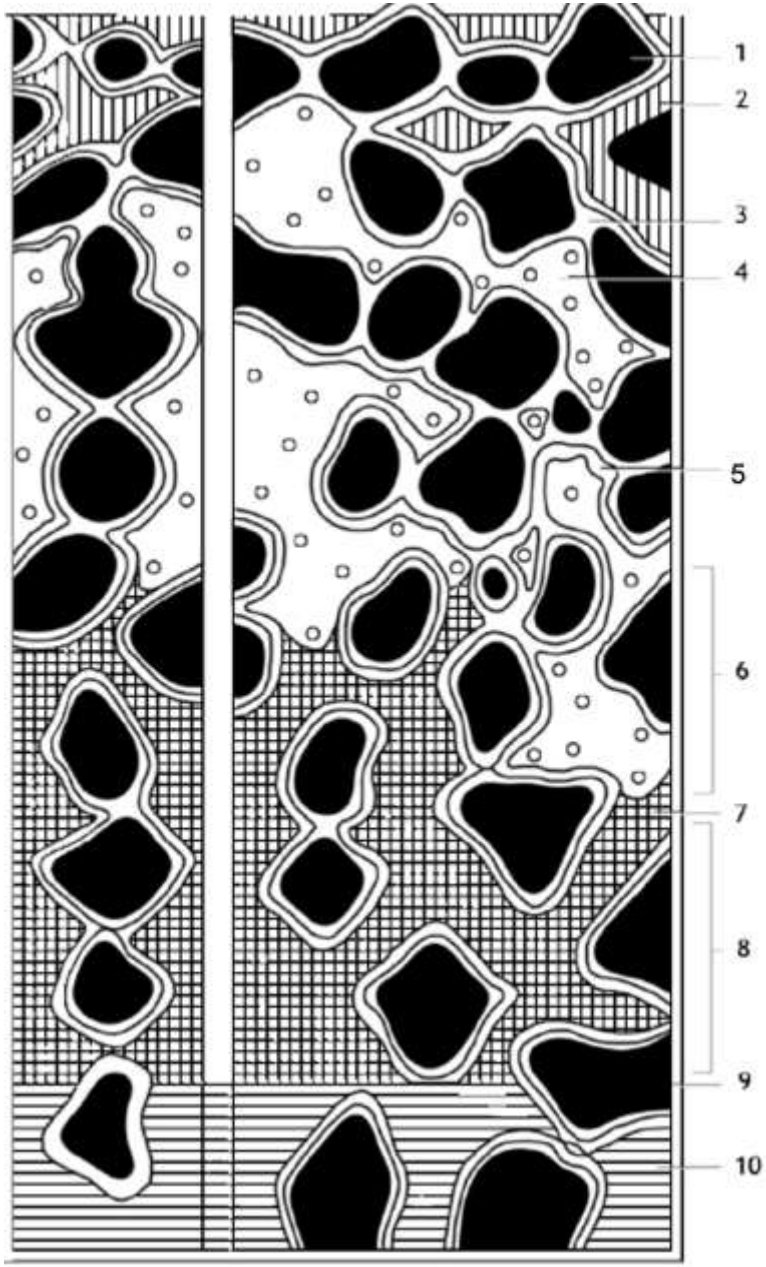
5. Вода **гравитационная** занимает в почве крупные поры (некапиллярные), передвигается сверху вниз под собственной тяжестью. Это самая доступная для растений вода. На песчаных почвах гравитационная вода легко уходит вглубь, в зону, не доступную для корней. Если на пути воды вниз встретится водонепроницаемый слой, то движение прекратится, а такую воду называют гравитационно-подпертой.

Полная влагоемкость – максимальное количество воды, которое может вместить почва при заполнении всех пустот.

Вода в почве


Жидкая и парообразная вода
Связанная
Свободная
химически
физически
капил-
лярная
гравита-
ционная
конститу-
ционная и
кристалли-
зационная
прочно-
связанная
рыхлосвя-
занная
капиллярно-
подвешенная
капиллярно-
посаженная
капиллярно-
подпертая
просачи-
вающаяся
гравита-
вода
водонос-
ных гори-
зонтов

Вода в почве



1 — частица почвы;
2 — гравитационная вода;
3 — гигроскопическая вода;
4 — почвенный воздух с парами воды;
5 — плёночная вода;
6 — зона открытой капиллярной воды;
7 — капиллярная вода;
8 — зона замкнутой капиллярной воды;
9 — уровень грунтовых вод;
10 — грунтовые воды.

Водный режим

Почва обменивается водой с атмосферой, грунтом, живыми организмами.

Водный режим – совокупность протекающих в почве процессов поступления, передвижения, сохранения и потери воды.

Водный режим почв формируется под влиянием ряда факторов, таких как климат, рельеф, свойства почвогрунтов, условия водного питания, хозяйственная деятельность человека.

Водный баланс – приход и расход воды в почве

В многолетнем цикле приход и расход воды в почве равны

Промывной тип

Промывной — отмечается в почвах районов, где осадков выпадает больше, чем испаряется. Нисходящие токи воды преобладают над восходящими и почва промывается до уровня грунтовых вод.

Характерны **подзо́листые по́чвы** — типичные почвы хвойных лесов. Формируются в холодных местностях с хорошим промывным режимом.

Для вовлечения подзолистых почв в сельскохозяйственное использование необходимо известкование, внесение больших доз органических и минеральных удобрений, регулирование водного режима, создание мощного пахотного слоя.

Периодически промывной режим

Количество выпадающих осадков примерно равно испарению.

Характерны **Се́рые лесны́е по́чвы.** Формируются в лесостепной зоне под широколиственными, смешанными или мелколиственными лесами с разнообразной и обильной травяной растительностью.

Отличаются довольно высоким плодородием и при правильном использовании дают хорошие урожаи сельскохозяйственных культур.

Непромывной режим

Расходная статья водного баланса преобладает над приходной, влагооборотом охвачен лишь почвенный профиль, грунтовые воды залегают глубоко, нисходящие токи преобладают над восходящими.

Характерен **Чернозем** - богатый гумусом, тёмноокрашенный тип почвы, сформировавшийся на лёссовидных суглинках или глинах в условиях суббореального и умеренно-континентального климата при периодически промывном или непромывном водном режиме под многолетней травянистой растительностью.

Выпотной режим

Выпотной — при сумме осадков значительно меньше испарения. При этом испаряется не только влага, выпавшая в виде осадков, но часть высокостоящих грунтовых вод, в результате чего грунтовые воды поднимаются по капиллярам, достигая верхних горизонтов почвенного профиля. Так как в данных условиях грунтовые воды чаще всего минерализованы, то вместе с влагой по капиллярам переносятся растворённые соли.

Солончак

Солонец

В отличие от солончаков, солонцы содержат водорастворимые соли (Na) не в самом верхнем горизонте, а на некоторой глубине.

Застойный режим

Характерны **болотные** почвы - все поры почвы заполнены водой, испарению препятствует специфическая растительность (сфагновые мхи и др.). После осушения и проведения агромелиоративных мер болотные почвы могут превращаться в высокопроизводительные сельскохозяйственные угодья.

Мероприятия по регулированию водного режима

Накопление:

1. Искусственное орошение
2. Изменение микроклимата (лесополосы, водоемы)
3. Использование агротехнических приемов (улучшение структуры почвы, обработка почвы, снегозадержание)
4. Высев кулис (подсев кукурузы в 2-3 раза) или стерневые кулисы (срезают зерновые на разной высоте).
5. Задержание талых вод.

Меры по сохранению влаги в почве:

1. Мульчирование (торф, солома, бумага)
2. Рациональное использование влаги (подбор сортов, севооборот, внесение удобрений, лучшие сроки и способы посева и т.д.).

Регулирование влажности переувлажненных земель:

1. Мелиоративные мероприятия – осушение заболоченных земель
2. Специальные приемы обработки (кротование, гребневание, узкозагонная вспашка и др.).

Эрозия

В России из-за смыва с полей и пастбищ ежегодно теряется 5,4 млн.т. азота, 1,8 млн.т. фосфора и 36 млн.т. калия.

Эрозия почв – большое экологическое и экономическое бедствие, которое грозит полным выведением ценных земель из оборота и их деградацией.

Урожайность с/х культур на почвах разной степени эродированности, в % от несмытой почвы

Культура	Слабосмытая	Среднесмытая	Сильносмытая
Озимая пшеница	85-90	50-60	30-35
Озимая рожь	85-90	55-60	35-40
Яровая пшеница	70-80	40-50	15-20
Ячмень	80-85	45-55	30-40
Картофель	80-90	30-40	10-15

Микробиологическая активность эродированных черноземов

Степень смытости почвы	Кол-во бактерий, млн/г почвы
Несмытая	5,85
Слабосмытая	4,77
Среднесмытая	2,07
Сильносмытая	1,42