

Лекция 8

Городской адаптивный тип.
Общие проблемы экологии
человека

Города – относительно позднее явление в истории человечества.

Первые города возникли на стадии перехода человека от охотничье-собирательной к аграрной культуре, т.е. от кочевого к преимущественно к оседлому образу жизни.

Важнейшей побудительной причиной возникновения городов явилась необходимость централизации аграрного производства, ремесел, торговли, государственного управления, культуры и религиозных культов.

В настоящее время древнейшими городами на Земле считаются крупные поселения, возникшие 7 - 8 тысяч лет до н.э.

Среди самых известных – Иерихон в Палестине, Чатал-Хююк в Турции и др.

Первые столичные города, т.е. административные и культурные центры прилегающих территорий, появились около 4 – 5 тысяч лет до н.э. в Месопотамии (междуречье Тигра и Евфрата) на стадии возникновения первых государств.

Крупнейшие из них – Ур и Эриду имели численность 25 и 15 тыс. человек.

Появившийся позднее Вавилон был гораздо крупнее – более 50 тыс. человек.



Развалины Ура



Древний Вавилон времен царя Хаммурапи.
Современная реконструкция

Население Афин в Древней Греции в период своего расцвета достигала 100 тыс. человек, население Древнего Рима – было около 300 тыс. человек.



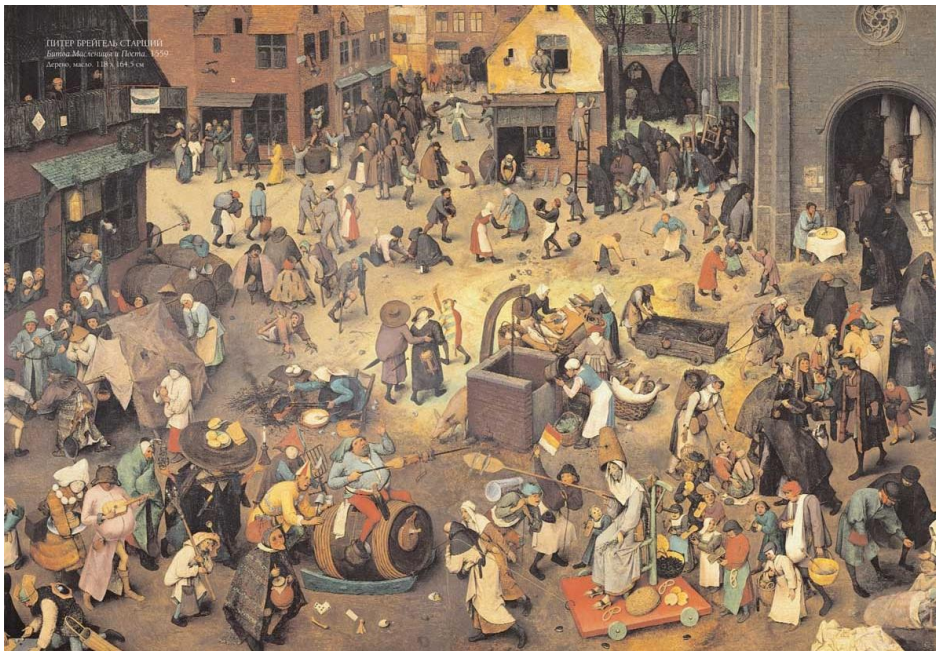
Древние Афины. Современная реконструкция



Древний Рим. Современная реконструкция

В Средние века возникают образования, которые сейчас называются *городскими агломерациями*, т.е. совокупность многочисленных мелких городков и поселков, расположенных на ограниченной территории вокруг крупного города.

Средневековые города Европы были очень тесными, так как им мешали расти крепостные стены. Для них были характерны скученность населения, антисанитария, частые эпидемии опасных болезней – чумы, холеры, дизентерии и пр.



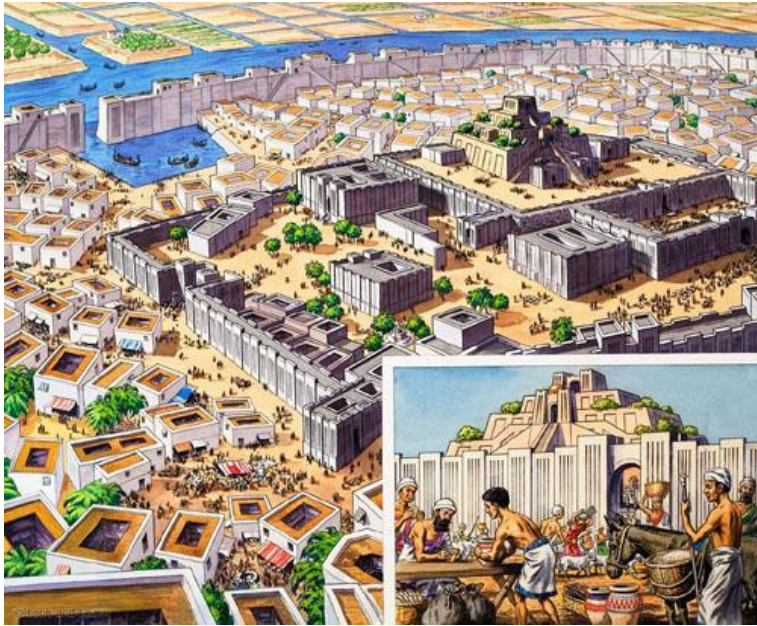


Жизнь в средневековом западноевропейском городе.
Картины нидерландских художников XVI – XVII столетий

В середине 2-го тысячелетия нашей эры возникают первые города-миллионеры.

Например численность населения агломерации вокруг столицы Империи атцеков - Теночтитлана превышала 1 млн. человек, а плотность населения в ней достигала 180 чел. на км².

Численность населения городской агломерации в государстве Майя оценивается в 2,6–3,4 млн. человек, а плотности населения в ней 117 – 151 чел. на км².



Теночтитлан – столица Империи ацтеков времен императора Монтесумы непосредственно перед испанским завоеванием в начале XVI столетия.

Находился на территории современного Мехико, на острове среди большого озера. В настоящее время озеро не существует.

Обратите внимание, что архитектура Теночтитлана очень напоминала архитектуру Древнего Вавилона. В нем была даже своя «Вавилонская башня», сохранившаяся до наших дней.



Эдо – древняя столица Японии. В связи с частыми землетрясениями все здания в городе были 1-2 этажными и построенными из дерева.

В XVII веке численность населения крупнейших городов мира (Стамбул, Пекин, Дели, Лондон, Токио и др.) превышала 1 млн. человек.

К 1850 г. крупнейшим городом мира стал Лондон – более 2 млн. человек. К началу XX века все крупнейшие города мира находились в индустриальных странах – Европы и Северной Америки.

Быстрый рост городов и городского населения называется *урбанизацией*

Однако в настоящее время большинство крупнейших городов мира находятся в развивающихся государствах.

Здесь численность населения городов растет даже быстрее, чем общая численность населения.

Число городских жителей выросло с 1,5 млрд. в 1990 году до 3,6 млрд. в 2011 году – это более половины населения Земли.

Поэтому приibl. 50% мирового населения живет на 1% площади суши.

В Великобритании площадь городов составляет 11% территории страны, в США – 3%, в Китае – 1,5%.

Прогнозируется, что к 2030 году число горожан вырастет до 4 млрд. человек при одновременной стабилизации численности населения Земли на уровне 11 – 15 млн. человек.

Крупнейшие на сегодняшний день города мира

№№	Город	Страна	Число жителей, млн	№№	Город	Страна	Число жителей, млн
1	Шанхай	Китай	23,8	11	Москва	Россия	12,0
2	Пекин	Китай	20,7	12	Сан-Паулу	Бразилия	11,3
3	Мехико	Мексика	19,9	13	Богота	Колумбия	10,8
3	Бангкок	Таиланд	15,0	14	Сеул	Юж.Корея	10,5
5	Тяньцзинь	Китай	14,1	15	Дакка	Бангладеш	9,7
6	Гуанчжоу	Китай	13,4	16	Киншаса	Конго	9,6
7	Токио	Япония	13,2	17	Лагос	Нигерия	9,9
8	Карачи	Пакистан	13,2	18	Джакарта	Индонезия	9,6
9	Мумбаи	Индия	12,5	19	Тегеран	Иран	8,8
10	Дели	Индия	12,2	20	Нью-Йорк	США	8,4

Численность населения городов приведена без учета населения пригородов и агломераций.

Данные по численности населения Стамбула по разным источникам изменяются в пределах от 7 до 14 млн. человек.

Минск с населением свыше 1,9 млн. человек входит в число 10 крупнейших городов Европы.

Быстрый рост городского населения в развивающихся странах обусловлен двумя причинами:

1. Естественный прирост городского населения;
2. Миграционный прирост из сельской местности.

Большинство городского населения развивающихся стран живет в нищете в трущобах или в незаконных постройках, в антисанитарных условиях. Для них характерны высокая безработица, высокий уровень преступности, наркомания и т.п.



Трущобы Рио-де-Жанейро

Многие города сливаются, образуя *агломерации*. Крупнейшие из них – агломерации на атлантическом побережье США от Бостона до Вашингтона и на тихоокеанском – от Лос-Анджелеса до Сан-Франциско, агломерация Токио-Иокогама в Японии, в Рурском каменноугольном бассейне в Германии.

В странах СНГ крупнейшей агломерацией является Донецкий угольный бассейн на востоке Украины.

Быстрая урбанизация и рост городов за последние 1 – 2 столетия изменили облик Земли значительно сильнее, чем все другие виды деятельности человека за всю его историю.

К середине XX века возникло такое явление, как *субурбанизация*, или переселение жителей из городов в индивидуальные дома в пригородах.

Особенно она характерна для Европы и Северной Америки. По этой причине численность населения Нью-Йорка, Лондона, Парижа и др. постепенно снижается.

Основная доля переселенцев в пригороды составляют представители среднего класса.

Сейчас в США в пригородах живет 40% всего населения, в крупных и средних городах – 37%, а в маленьких городках и сельской местности – 23%.

Город как гетеротрофная экосистема

Город, особенно, промышленный, является неполной, или гетеротрофной экосистемой, которая получает энергию, пищу, сырье для промышленности, воду и другие материалы с больших площадей, находящихся за его пределами.

От естественных гетеротрофных экосистем (например, устричных банок) город отличается следующими особенностями:

1. Гораздо более интенсивный поток энергии на единицу площади.

Всю энергию для своего существования в виде продуктов питания, сырья и топлива город получает и природной и квазиприродной среды.

Величины этой энергии по меньшей мере на 2 – 3 порядка больше того потока солнечной энергии, который поддерживает существование природных экосистем. Поэтому на относительной небольшой территории города может проживать огромное количество людей.

При этом на поддержание жизнедеятельности людей как живых организмов расходуется лишь очень небольшая часть (не более 1-2%) поступающей в города энергии.

2. Огромное превышение величины потока через систему энергии над запасами энергии в системе.

В естественных экосистемах аналогичный показатель (соотношение Шредингера, или отношение суммарного общего дыхания всех организмов системы к их суммарной биомассе) близок к единице, что является показателем их устойчивости.

Поэтому промышленно-городские экосистемы крайне неустойчивы не только по сравнению с природными, но даже с квазиприродными экосистемами.

3. Меньшая зависимость от солнечной энергии

В современном городском хозяйстве солнечная энергия практически не используется, не считая, конечно, дневного освещения и высокой летней температуры, что позволяет экономить топливо на освещение и обогрев.

Иногда солнечная энергия является негативным фактором, поскольку она сильно нагревает здания в летний период и способствует образованию фотохимического смога.

4. Огромные затраты энергии на откачку образующейся в системе энтропии.

Примерами этого являются ремонт зданий, уборка улиц, вывоз мусора, функционирование систем очистки коммунально-бытовых отходов и т. д.

Поэтому для поддержания функционирования городских экосистем требуется такое огромное количество энергии.

5. Воспроизводство значительных количеств загрязнителей природной среды.

Многие из которых являются синтетическими соединениями, более токсичными, чем сырье из которого они получены.

В их числе бенз(а)пирен – самое токсичное из всех известных органических веществ. Он образуется при сгорании дизельного топлива.

Основные негативные факторы городской среды для человека

1. Очень высокая плотность населения.

В крупнейших мегаполисах она достигает 25 – 30 тысяч человек на 1 км².

Поэтому человек в мегаполисе за сутки непосредственно контактирует (в транспорте, на работе или учебе, в магазинах, кинотеатрах и пр.) в среднем не менее чем с 2 – 3 тысячами человек.

Многие из этих контактов являются для человека желательными.

Повышенная плотность населения создает благоприятные условия для возникновения эпидемий многих инфекционных заболеваний.

В крупных городах выше уровень преступности, наркомании и пр.

2. Высокий уровень разных форм загрязнения:

Техногенное и коммунально-бытовое загрязнение всех природных сред - атмосферы, воды, почвы, а также продуктов питания.

В большинстве городов развивающихся государств до 90% сточных вод не подвергаются никакой очистке и сбрасываются непосредственно в близлежащие водоремы.

Электромагнитное загрязнение – от многочисленных бытовых электрических приборов, электропроводки, мобильных телефонов и пр.;

Повышенный уровень ионизирующей радиации – от природных радионуклидов в строительных материалах (гранит и пр.), каменном угле, ионизирующего излучения промышленных установок, бытовых приборов (напр., телевизоров), медицинской техники и пр.;

Шумовое загрязнение;

Световое загрязнение;

Огромный объем информации, в том числе и ненужной - развлекательные сайты в интернете, чаты, социальные сети, навязчивая реклама, «глянцевые журналы» и пр.

За сутки современный человек воспринимает и перерабатывает большой объем информации, чем неграмотный сельский житель XVII – XVIII веков за всю жизнь.



Характерная черта всех крупных городов – огромное количество автотранспорта. Их выхлопы составляют значительную часть смога



Смог в городе

Фотохимический смог (от англ. *Smoky fog*, буквально - дымовой туман и греч. *фотос* - свет) – результат смешения в воздухе многих загрязняющих веществ: оксидов азота, продуктов горения ископаемого и автомобильного топлива, красок, растворителей и других химикатов.

Все эти вещества обладают высокой активностью и легко вступают в химические реакции под воздействием солнечного излучения. Многие продукты этих реакций обладают высокой токсичностью, значительно большей чем исходные реагенты.

Недавно ВОЗ признало прямую связь между уровнем загрязнения атмосферы и числом заболеваний раком легких.

Биологическое загрязнение - повышенная концентрация болезнетворных организмов – вирусов, бактерий, паразитов и других видов и продуктов их жизнедеятельности, разнообразных аллергенов и др.



Загрязнение городских водоемов бытовым мусором создает реальную опасность для возникновения инфекционных заболеваний

3. Высокий ритм жизни, мало связанный с годовой цикличностью природных процессов.

Чтобы добиться существенных результатов в жизни современному человеку в городе необходимо постоянно прикладывать серьезные физические и психофизиологические усилия.

Это создает обстановку постоянного стресса, что может приводить к возникновению нервных срывов, асоциальному поведению, алкоголизму, суицидам и пр.

Все эти факторы оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье населения, снижают индивидуальный иммунитет.

Все это способствует появлению и развитию многочисленных заболеваний – от психических и аллергенных до сердечно-сосудистых и онкологических.

Городской адаптивный тип характеризуется преимущественно социальными механизмами адаптации, однако биологические адаптации также имеют важное значение.

Биологические адаптации – высокий уровень иммунитета, сильный тип нервной системы, уровень наследственного здоровья и пр.

Социальные адаптации:

Способность адекватно реагировать на изменение ситуации, в том числе – в условиях стресса;

Коммуникабельность, умение поддерживать ровные отношения с коллегами и другими людьми.

Способность к непрерывному обучению, в широком смысле слова.

Способность существовать в условиях высокой плотности населения.

Для выходцев из сельской местности переход к жизни в большом городе часто проходит достаточно болезненно.

Однако жители Южной и Юго-Восточной Азии в течение нескольких тысяч лет, живущие в условиях сильной скученности, вполне адаптировались к ней.

Считается, что низкий рост этих народов (южная ветвь монголоидной расы) является адаптацией к существованию в условиях высокой плотности населения.

Санитарно-гигиенические критерии качества среды человека

Качество окружающей среды человека (ОСЧ) означает степень соответствия ее условий потребностям человека.

ОСЧ является *комфортной*, если она соответствует требованиям человека; *дискомфортной*, - если она не соответствует им.

Крайним выражением дискомфорта среды является ее *экстремальность*.

Степень комфортности ОСЧ – интегральный показатель, основанный на анализе примерно 30 важнейших параметров окружающей среды.

В их числе:

Климатофизические особенности: продолжительность периодов с различными температурами воздуха, амплитуды годовых, месячных, суточных температур воздуха, скорость ветра, геомагнитные аномалии, интенсивность УФ-излучения и т.д.

Обеспеченность населения водой для хозяйственно-питьевых целей, качество и доступность этой воды;

Содержание в воде, воздухе, почве, пищевых продуктах токсичных веществ (загрязненность);

Наличие и частота опасных природных явлений - сейсмичность, паводки и наводнения, лавины, сели и т.д.

Наличие природных предпосылок инфекционных заболеваний и условий для их проявления (патогенность).

Ведущая неинфекционная патология у различных групп населения.

Уровень комфортности для существования человека оценивается по специальной пятибалльной шкале:

1. Комфортная;
2. Прекомфортная;
3. Гипокомфортная;
4. Дискомфортная;
5. Экстремальная

Для примера приведем некоторые критерии комфортности, разработанные для территории Российской Федерации.

Их можно использовать не только для Российской Федерации, но и для территорий арктической и умеренной зон Евразии и Северной Америки

Основные показатели, характеризующие уровень комфортности территории Российской Федерации

Факторы/условия	Экстремальные	Дискомфортные	Гипокомфортные	Прекомфортные	Комфортные
Повторяемость благоприятных погод, %	менее 10	10-20	20-35	35-40	более 40
Продолжительность безморозного периода за год, сутки	менее 70	70-90	90-105	105-110	более 110
Ультрафиолетовая недостаточность, сутки	более 150	90-150	60-90	30-60	Нет
Продолжительность полярного дня и полярной ночи, сутки	37 – 74	менее 37	Нет	Нет	Нет
Отопительный период, сутки	более 300	275-300	250-275	225-250	менее 225
Средняя температура отопительного периода, градусо-дни	от -24,2 до -2,7	от - 24,2 до -12,7	от -13,0 до -3,0	от -7,0 до -2,0	от -3,7 до +6,0
Сумма активных температур за период года со среднесуточной температурой свыше +10°, градусо-дни	Менее 800	800-1400	1200-1600	1500-20 00	2000 -3500
Суммарная теплоизоляция одежды, кло-дни	свыше 1500	1200-150 0	900-1200	600-900	менее 600

Согласно приведенной выше классификации, по большинству показателей вся территория Беларуси находится в комфортной зоне.

Лишь по отдельным показателям (средняя температура отопительного периода) северная часть Беларуси может быть отнесена к прекомфортной зоне.

Однако в связи с достаточной протяженностью территории Беларуси по широте (560 км) уровень комфортности среды в ее северных и южных районах существенно различаются.

Комфортность климатических условий для человека в Беларуси определяется по следующим критериям:

- Продолжительность безморозного периода;
- Скорость ветра;
- Облачность (число солнечных дней).

Комфортным считаются:

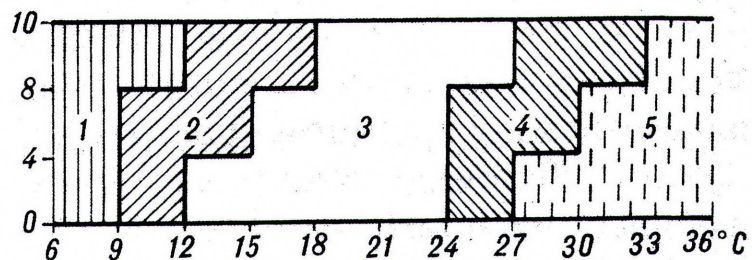
Интервал температуры от 12 до 24°C при низкой скорости ветра - до 2 м/сек;

Интервал температуры от 15 до 24°C при средней скорости ветра – в пределах 2 – 4 м/сек;

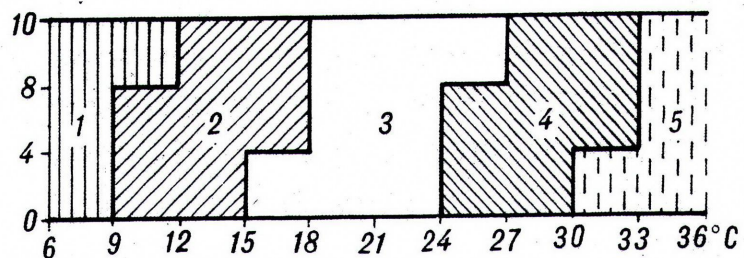
Интервал температуры от 18 до 24°C при высокой скорости ветра – свыше 4 м/сек.

Воблачнасьць
(у балах)

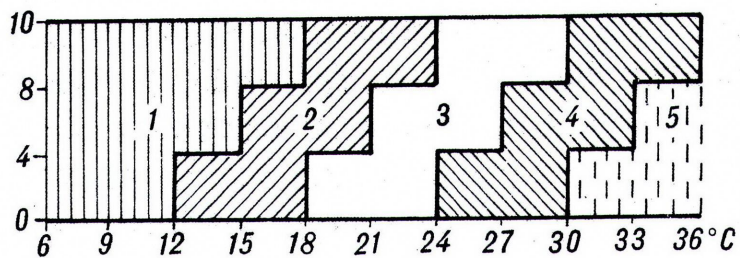
Скорасць ветру
ад 0 да 2 м/с.



ад 2,1 да 4 м/с.



ад 4,1 да 6 м/с.



Шкала оценки комфортности погодных условий в Беларуси в безморозный период.

1. Прохладная дискомфортная погода.
2. Прохладная субкомфортная погода.
3. Комфортная погода.
4. Жаркая субкомфортная погода.
5. Жаркая дискомфортная погода.

Территория Беларуси подразделяется на три климатические зоны.

Северная зона - Витебская обл.; северо-восток Гродненской обл.; север Минской области.

Длительность безморозного периода составляет 220 – 230 суток, сумма температур в сезон вегетации - до 2000 - 2200 градусодней.

Центральная зона – Гродненская и Минская области, (за исключением частей, входящий в северную зону), Могилевская обл.

Длительность безморозного периода – 230 –240 суток, сумма температур - 2300 – 2500 градусодней.

Южная зона – Брестская и Гомельская области.

Длительность безморозного периода – 250 – 260 суток, сумма температур - 2600 – 2700 градусодней.

Самой комфортной для проживания людей является южная зона. В ней длительность комфортного периода за год достигает 120 – 140 суток (II декада мая – II декада сентября).

В Минске (центральная зона) этот показатель составляет 100 – 105 суток (III декада мая – I декада сентября).

В северной зоне комфортный период сокращается до 80 – 90 суток (I декада июня – III декада августа).

Экологическая ниша человека

Представление об экологической нише впервые высказал американский зоолог *Дж. Гриннел* в 1914 году. Он подходил к этому понятию с позиций места, занимаемого популяцией в физическом пространстве («пространственная ниша»).

Английский эколог *Чарльз Элтон* (1927) под понятием «экологическая ниша» подразумевал тип питания вида, то есть его положение в трофических цепях.

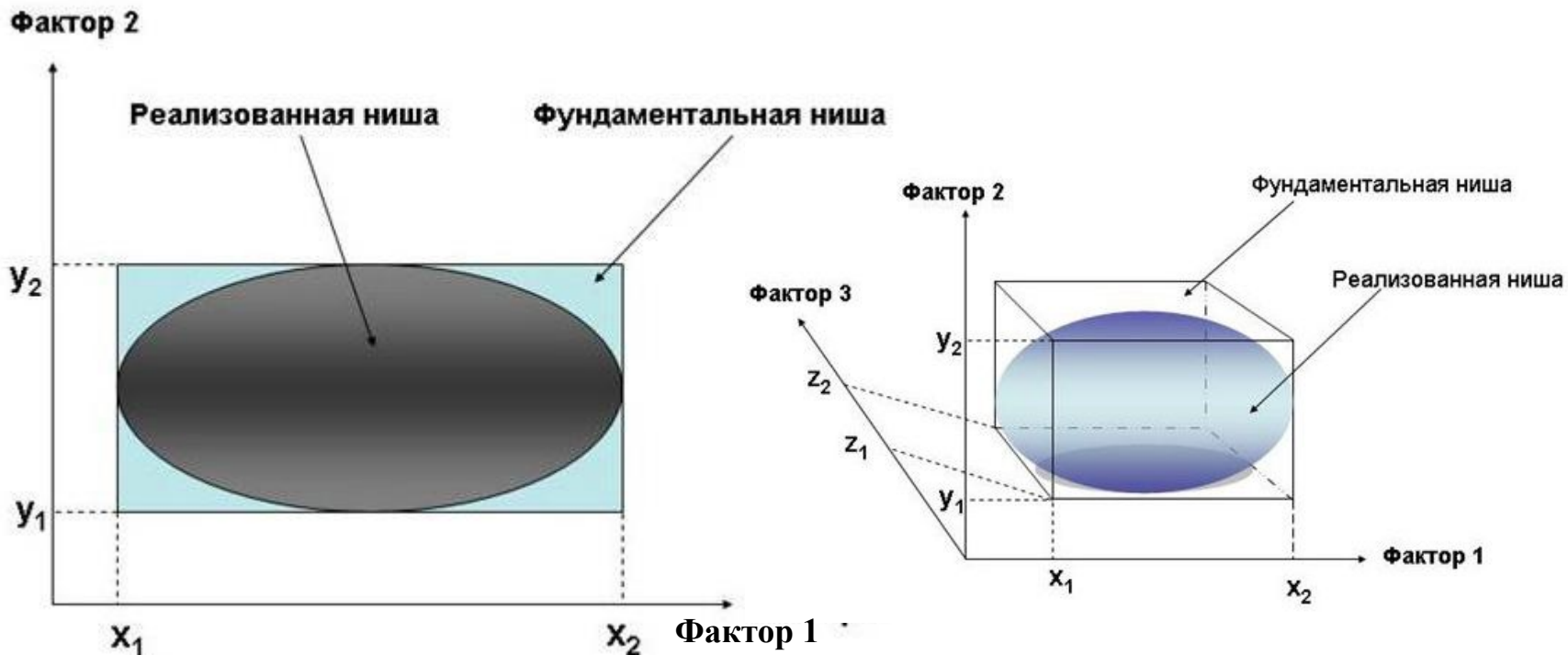
Дж. Хатчинсон (1957) трактовал нишу как всю сумму связей организмов данного вида с абиотическими условиями среды и другими видами организмов.

Его концепция представляет экологическую нишу как многомерное пространство («гиперпространство»), по каждой из многочисленных осей которого отложены пределы требований вида к отдельным экологическим факторам.

Экологическая ниша - это « *N -мерный гиперобъем, охватывающий весь диапазон условий*», в котором особь (или популяция) существует и может успешно воспроизводить себя».

Объем этого пространства, соответствующего требованиям вида к среде, называется *фундаментальной нишей*, а реальное его положение в Биосфере – *реализованной нишей*.

Реализованная ниша, как правило, уже фундаментальной, что обусловлено конкурентными взаимоотношениями с другими видами, географическими, эволюционными и другими факторами.



Схематическое изображение фундаментальной и реализованной ниши популяции по двум и трем факторам среды

Человек является уникальным видом, поскольку способен расширять не только реализованную, но и фундаментальную нишу. Например, реализованной нишей человека умелого был небольшой регион Восточной Африки, а фундаментальной нишей - субтропический пояс Земли.

Человек прямоходящий благодаря способности строить жилища, изготавливать одежду, а главное пользоваться огнем расширил свою фундаментальную нишу до границы ледников, а затем сравнительно быстро заполнил ее.

Уже в первые десятилетия XX века благодаря развитию средств транспорта реализованной нишей человека стала вся поверхность Земли, включая водный и воздушный бассейны.

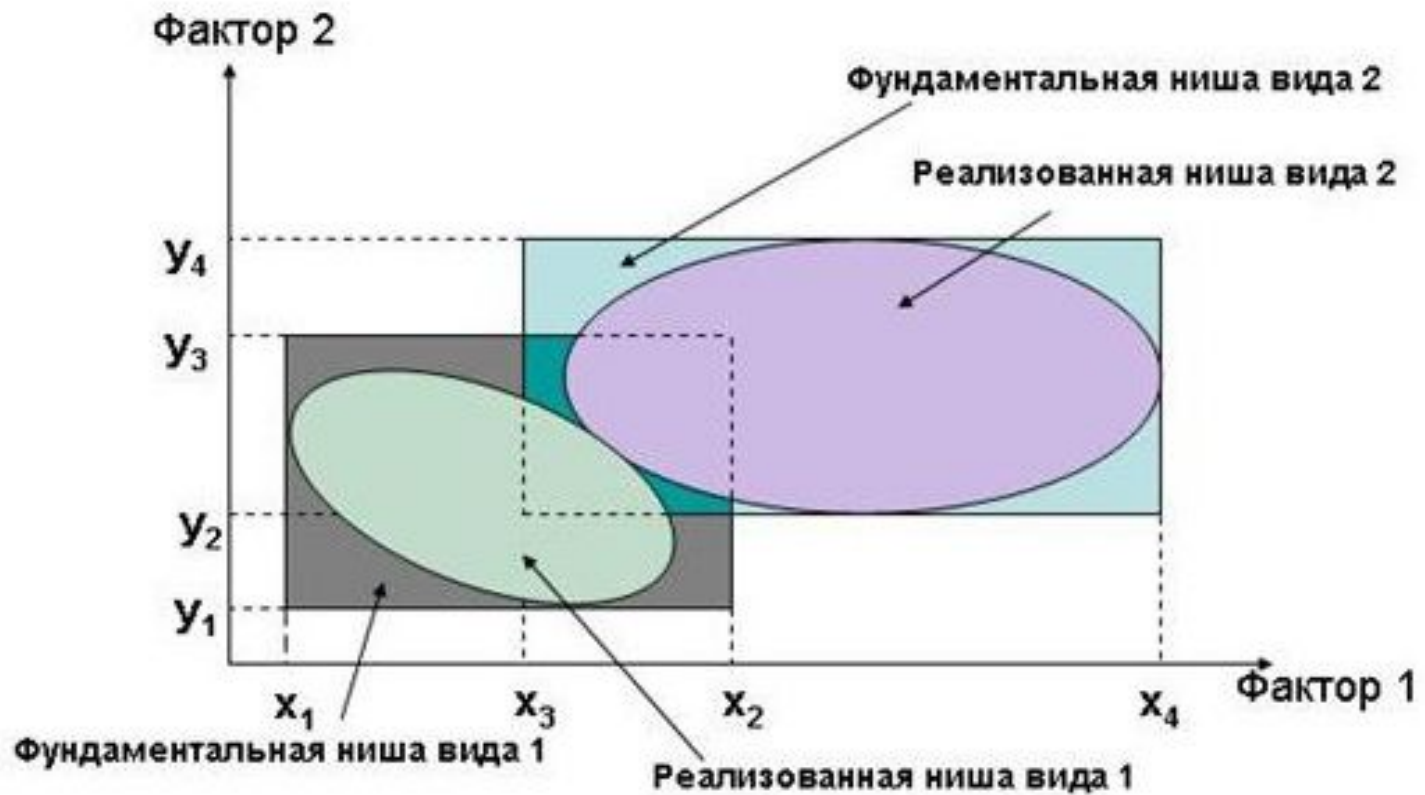
Благодаря развитию ракетно-космической техники человек расширил реализованную нишу до околоземного космического пространства и Луны, а фундаментальную – до пределов Солнечной системы.

Очевидно, громадное расширение экологической ниши человека объясняется не биологической эволюцией человека, а развитием его разумной деятельности.

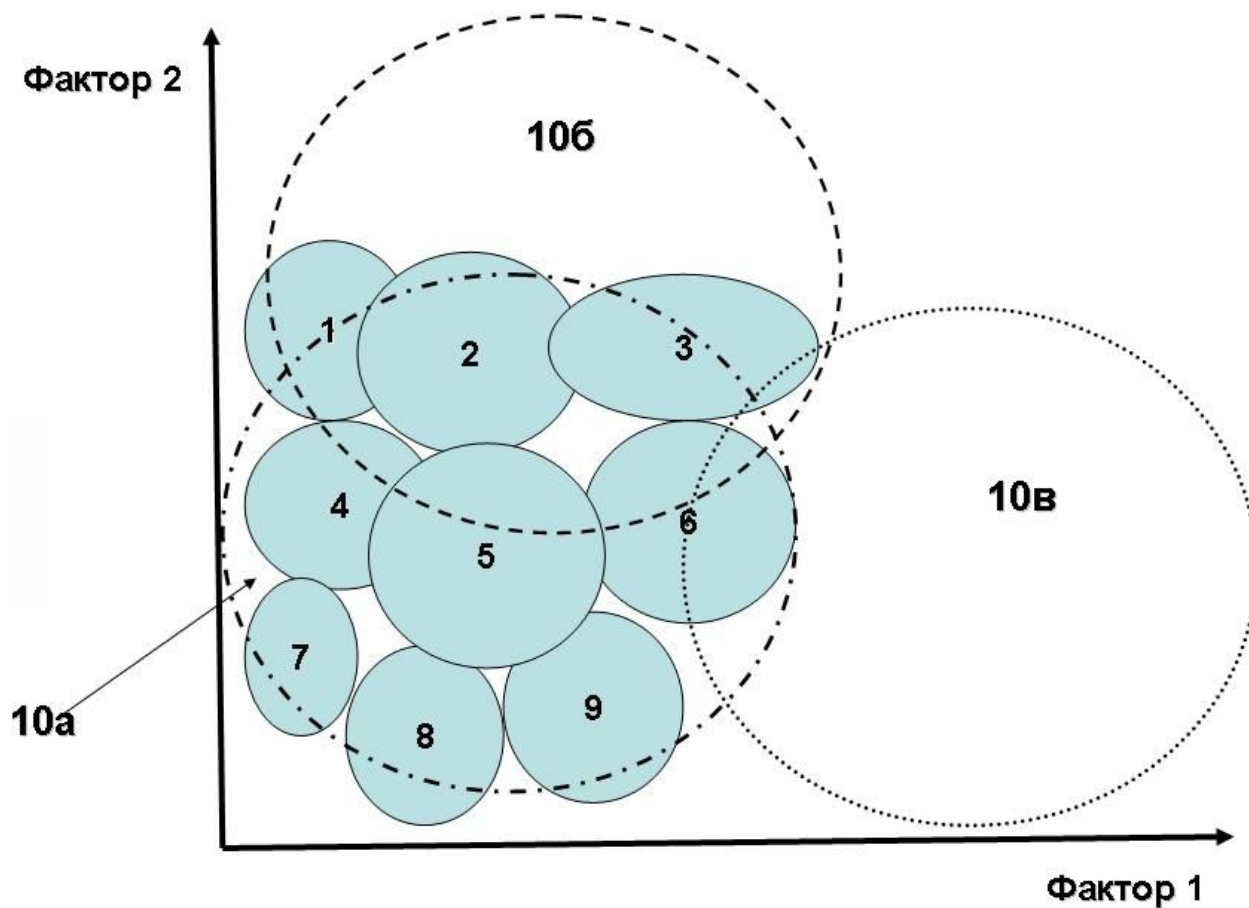
Исходя из принципа конкурентного исключения, расширение экологической ниши одного вида приводит к уничтожению ниш других видов и к сокращению видового разнообразия биогеоценозов. Этот принцип полностью применим и к человеку. Уже человек прямоходящий вытеснил все виды двуногих наземных обезьян, своих конкурентов за пищевые ресурсы, а затем пещерного льва и пещерного медведя – конкурентов за жилища.

В неолите человек разумный истребил многих крупных млекопитающих и птиц, являвшихся объектами его питания – мамонтов, шерстистых носорогов и др.

Этот процесс продолжается и в настоящее время. При этом исчезновение видов происходит преимущественно не за счет их прямого истребления, хотя это тоже имеет место, а за счет разрушения естественной среды их обитания.



Схематическое изображение перекрытия ниш двух конкурирующих видов по двум факторам среды. В такой ситуации, когда реализованные ниши не перекрываются, вытеснение одного вида другим может не произойти.



Возможные варианты исхода конкурентной борьбы в гипотетическом сообществе между девятью аборигенными стенобионтными видами (1–9) и одним чужеродным эврибионтным видом (10), вселившимся в это сообщество. Для всех видов обозначены реализованные ниши по двум факторам.

С другой стороны, человек создал среду обитания для многих видов животных и растений, которые образовали своеобразное сообщество *синантропных видов*.

Синантропные виды (от греч. син – вместе и антропос – человек) – животные (не одомашненные), растения и микроорганизмы, образ жизни которых тесно связан с человеком и его жильём.

В их числе:

Свободноживущие виды - тараканы, комнатные мухи, постельные клоны, домовые мыши и крысы и др.;

Эндо- и эктопаразиты – гельминты, клещи, блохи, вши и др.

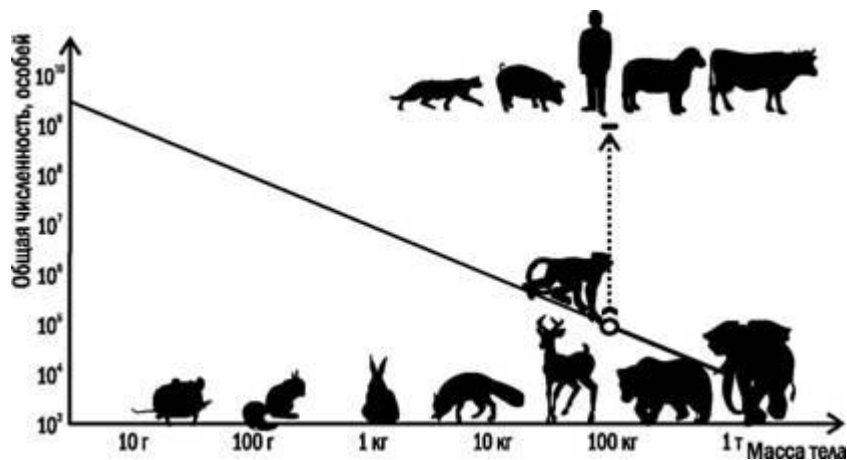
Многие беспозвоночные и позвоночные, живущие в поселениях человека. Среди них наиболее обычны птицы - аисты, воробьи, ласточки, стрижи, врановые птицы и др. Здесь они строят гнезда и находят пищу.

Часто численность популяций этих видов в поселениях человека гораздо выше, чем в природных экосистемах.

Таким образом, человек стал одним из важнейших видов-эдификаторов на планете.



Человек одомашнил большое число видов животных.



Численность человека и домашних животных значительно превышает численность их диких предков и родственников.

Таким образом, человек значительно расширил емкость среды для домашних животных.

Некоторые экологические принципы отношения человека и природы

Отношения человека с природой соответствуют типу «потребитель – ресурсы».

Полное уничтожение многих видов живых организмов и целых экосистем делает человека неразумным потребителем.

Скорость роста численности его популяций является аномально высокой.

Это определяется не биологическими потребностями человека в пище и пространстве, а стремлением к улучшению своего жизненного уровня, что приводит к усилению давления на природную среду.

Переход к земледелию привел к удвоению энергозатрат и сокращением кочевого ареала.

Сукцессивно зрелые экосистемы, изначально бывшие основой для собирательства, постепенно исчезали и их сменили производные биоценозы (вторичная антропогенная сукцессия).

Последние продуктивнее климаксных, но имеют совершенно иные экологические характеристики.

Агроэкосистемы теряют свойство стабильности и устойчивости. Поэтому возрастание их плозадей приводит к снижению стабильности всей биосферы Земли.

Дальнейшее повышение урожайности для обеспечения аище быстро растущего населения невозможно без увеличения энергозатрат. За последние 100 лет они увеличились в 5 – 50 (в среднем, 20) раз.

Это приводит к загрязнению природной среды.

Таким образом, решение проблемы мирового голода приводит к обострению энергетического кризиса.

Проблема дефицита продуктов питания

Численность населения Земли в последние десятилетия годы быстро растет. Так численность населения в 1 млрд. была достигнута только около 1830 г., 2 млрд. – только через 100 лет - в 1930 г; 3 млрд. – в 1960 г.

В 1975 г. население Земли достигло 4 млрд. человек, т. е., для нового удвоения численности человечества понадобилось только 45 лет.

12 октября 1999 года по оценке ООН, на Земле родился ее 6-миллиардный житель.

В настоящее время (конец 2013 г.) на Земле живет около 7,2 млрд. человек. Всех их необходимо обеспечить продуктами питания

Поэтому с начала 1960-х годов приобрел особую актуальность вопрос о том, какое количество населения способна прокормить наша планета.

В 1965-1975 годах под эгидой ЮНЕСКО выполнялась *Международная биологическая программа (МБП)*. Ее основной целью стало изучение биологической продуктивности Биосферы Земли.

В рамках МБП определена продуктивность всех природных зон планеты. На этой основе и рассчитаны суммарные значения чистой первичной продукции (*ЧПП*) для отдельных регионов и Биосферы в целом.

ЧПП – это масса органического вещества, создаваемая автотрофными организмами (растения, одноклеточные и многоклеточные водоросли) в процессе фотосинтеза, и которая накапливается в их биомассе.

ЧПП прямо или косвенно является единственным пищевым ресурсом для всех гетеротрофных организмов, в том числе и человека.

Для Биосфере суммарное значение ЧПП оценивается приблизительно в 170 млрд. тонн органического вещества в год.

Две трети этого количества (115 млрд. тонн) производится на суше и лишь одна треть (55 млрд. тонн) – в морях и океанах, хотя они покрывают почти три четверти поверхности планеты.

Ранее считалось, что Мировой океан невероятно продуктивен, а его пищевые ресурсы неисчерпаемы, поэтому он сможет прокормить растущее человечество.

Однако выяснилось, что продуктивность океанов и морей (за исключением шельфовых зон и коралловых рифов) сравнима с продуктивностью пустынь.

Ежегодный прирост рыбы и морепродуктов (киты, кальмары, ракообразные) в океанах и морях оценивается в 200 млн. тонн, а их ежегодная добыча составляет 60 – 70 млн. Считается, что эта величина близка к критической, а ее превышение подорвет запасы рыбы, как это произошло с китами.

Суммарное значение ЧПП для сельскохозяйственных растений оценивается в 9,1 млрд. тонн в год.

Человеку в год необходимо в среднем не менее 250 кг сухого вещества пищи, а всему человечеству - 1,8 миллиарда тонн.

В последние годы человек на Земле ежегодно изымает из Биосферы для своего пропитания свыше 1,8 миллиардов тонн пищевых продуктов растительного происхождения, что составляет приibl. 1,1 % от суммарной общей величины ее чистой первичной продукции.

Это количество дает выращивание сельскохозяйственных культур, а также сбор дикорастущих растений, плодов, ягод, грибов и т.д.

На первый взгляд, пищи в Биосфере производится вполне достаточно не только для 7 – 8, но даже для 70 и более млрд. человек.

Однако есть серьезные основания полагать, что емкость Биосферы для человека уже близка к исчерпанию. Это обусловлено целым рядом объективных биологических и экономических законов.

На Земле кроме человека живет еще около 3,5 млн. видов гетеротрофных организмов. Для них также необходимы пища и определенное жизненное пространство.

Дальнейший рост народонаселения приведет к сокращению площадей естественных биотопов, что поставит многие виды под угрозу исчезновения, что может разрушить стабильность Биосферы.

Реальный сбор урожая всегда существенно ниже биологической продуктивности сельскохозяйственных угодий из-за неизбежных потерь при его сборе, транспортировке, хранении и т.д.

Кроме того, его значительная часть (корневая система и т.д.) остаются в почве или идет в отходы или на непищевые цели (мякина и т.д.).

В высокоразвитых странах Западной Европы, США, Канаде, Австралии, Японии значительное количество продукции растениеводства используется на корм домашнему скоту.

Например, в США поголовье крупного рогатого скота составляет в среднем 400 миллионов голов, что 1,5 раза превышает ее население. В развивающихся странах скот использует в основном продуктивность естественных биогеоценозов.

Человек разводит домашний скот потому, что в его рационе наряду с углеводами, в больших количествах содержащихся в растениях, должно быть не менее 20-30% белков, или не менее 150 - 200 г в день.

Основной источник белков - мясо животных, птица, рыба, в некоторой степени яйца и молоко. В большинстве растительных продуктов (исключая сою) белков очень мало.

Во многих развивающихся странах голод обусловлен не столько нехваткой пищи, как таковой (то есть необходимого числа калорий), сколько недостатком в ней белка («белковый голод»).

Скот содержится также для получения шерсти и натуральной кожи. Кроме того, значительное количество мясной пищи в высокоразвитых странах потребляют домашние кошки и собаки.

Гомойотермные животные отличаются очень низкой, по сравнению с пойкилотермными организмами, экологической эффективностью роста.

Значения K_1 у домашнего скота и птицы в лучшем случае составляет $0,01 - 0,02$, остальная часть энергии рациона не усваивается или расходуется на метаболические траты.

По ориентировочным оценкам домашний скот потребляет в среднем 5% чистой первичной продукции Биосферы, или 8,5 миллиарда тонн растительных кормов, или в 5 раз больше, чем человек.

Прирост массы домашнего скота составляет не более 800 млн. тонн, из которых в пищу пригодно (в виде мяса, сала, молока яиц) не более половины от этого количества.

Следовательно, на одного человека в день количество мясных продуктов не превысит 200 г в день, что практически совпадает с минимально необходимой нормой.

Всего человек вместе с домашним скотом и домашними животными используют в качестве пищи не менее 6% ЧПП Биосферы.

Еще большая доля ЧПП (до 15%) изымается человеком для использования на непищевые цели. Это технические сельскохозяйственные культуры (хлопчатник, лен, конопля и мно др.), используемые для производства натуральных волокон, древесины, используемая для производства стройматериалов, мебели, бумаги, как топливо и т.д.

В последние годы все большее количество биомассы растений человек использует для производства биотоплива.

Таким образом, суммарная доля ЧПП Биосферы изымаемая человеком, составляет не менее 20% от ее общей величины.

Считается, что этот предел изъятия является критическим, а некоторые специалисты полагают, он уже превысил критический уровень.

По законам трофических цепей (*правило Линдемана*) последующий трофический уровень биогеоценоза за определенный период может использовать не более 7 – 17% продукции предыдущего трофического уровня без заметного вреда для всего биогеоценоза.

Если увеличение изъятия первичной продукции из Биосферы будет проходить нынешними темпами, это в обозримом будущем приведет к непрогнозируемым изменениям в ней.

Выходом из сложившейся ситуации на первый взгляд является повышение продуктивности сельскохозяйственного производства.

Урожайность сельскохозяйственных культур в высокоразвитых государствах в 3 – 5 раз выше, чем в развивающихся странах, даже со средним уровнем развитием экономики.

Поэтому на первый взгляд решение проблемы мирового голода лежит в подъеме урожайности в слаборазвитых странах до уровня передовых государств.

Средняя урожайность важнейших сельскохозяйственных культур в ряде высокоразвитых (США, Нидерланды, Япония) и государств со средним уровнем экономического развития (Индия, Индонезия, Куба).

Культура	Высокоразвитые государства	Среднеразвитые государства
Пшеница, ц/га	52	14
Кукуруза, ц/га	57	11
Рис, ц/га	62	15
Картофель, ц/га	300	115
Соевые бобы, ц/га	26	13
Сахарный тростник, ц/га	185	50
Сахарная свекла, ц/га	70	30

С этой целью в 1960 годах начала осуществляться специальная программа ООН, получившая название «Зеленая революция».

В высокоразвитых странах (США и др.), был выведен ряд высокоурожайных сортов риса, бобовых и др., способных давать высокие урожаи в условиях тропической Африки и Азии.

Семена этих сортов были безвозмездно переданы слаборазвитым странам.

Были предприняты большие усилия по обучению крестьян (насколько это оказалось возможным) современным технологиям ведения сельского хозяйства.

Однако это не привело к решению проблемы мирового голода. Оказалось, что высокие урожаи эти «чудесные сорта» способны давать только при использовании большого количества удобрений, пестицидов, сложной и разнообразной техники, строжайшем соблюдении технологии.

Для этого необходимы были значительные капиталовложения по покупке топлива и машин,

Создание необходимой инфраструктуры и т.д. Интересно, что в Индии «чудесные сорта» риса давали даже меньшие урожаи, чем местные сорта, которые не требовали большого количества удобрений и пестицидов.

В конечном итоге, от «зеленой революции» богатые страны выиграли гораздо больше, чем бедные.

Сейчас основное количество пищевых продуктов в мире производится в небольшой группе высокоразвитых стран (США, Канада, Западная Европа, Австралия, Япония), население которых составляет менее 25% всего населения Земли («золотой миллиард»).

Развивающиеся страны, где проживает свыше 70 % ее населения, часто не имеют финансовых возможностей купить излишки продовольствия, что часто приводит к голоду

Однако высокий уровень развития сельского хозяйства в развитых странах определяется не естественной продуктивностью Биосферы, а использованием дополнительных источников энергии.

Если в начале 20 века на одну единицу энергии сельскохозяйственной продукции в США и Западной Европе затрачивалась 1 единица вложенной энергии (энергия топлива, стоимость удобрений, ядохимикатов, производства и эксплуатации машин и механизмов, оплата персонала и т.д.), то к концу XX столетия это соотношение увеличилось до 12-15.

При этом реальная продукция сельского хозяйства (в единицах массы) возросла только в 2-2,5 раза.

Соотношение между суммарной энергией, вложенной в сельское хозяйство, и энергией произведенной сельскохозяйственной продукции при разных уровнях интенсификации сельского хозяйства

Государство	Тип сельскохозяйственного производства	Соотношение
Конго	Подсечно-огневое земледелие, ручной труд	1 : 65
Папуа-Новая Гвинея	Огороды, ручной труд с использованием домашних животных	1 : 20
Нигерия	Возделывание кукурузы, ручной труд с применением удобрений	1 : 10
Филиппины	Возделывание кукурузы с ограниченным использованием сельскохозяйственных машин	1 : 5
США	Возделывание кукурузы, высоко механизированное сельское хозяйство	1 : 2,5
Высокоразвитые страны	Сельское хозяйство в целом, включая животноводство	10 : 1

Примитивное на первый взгляд земледелие тропических народов Азии, Африки и Австралии гораздо эффективнее с энергетической точки зрения, чем высоко механизированное и затратное сельское хозяйство высокоразвитых государств.

Оно идеально вписано в окружающую среду и практически не наносит ей ущерба. Поэтому традиционные земледельческие общества туземных народов стабильно существовали в течение многих тысячелетий.

Напротив, расточительное с энергетической точки зрения сельское хозяйство высокоразвитых стран существует преимущественно за счет энергии, органических полезных ископаемых (накопленной в Биосфере в предыдущие геологические эпохи) *и не имеет далекой исторической перспективы.*

Оно приводит к обострению энергетического и экологического кризиса на планете.

Возможные способы решения проблемы мирового голода.

Разведение организмов более низких трофических уровней.

Сейчас достаточно широко используется выращивание одноклеточных водорослей (хлорелла) и бактерий на органических субстратах на корм скоту.

Возможно расширение разведения беспозвоночных (устрицы, мидии, растительноядные рыбы), использующих энергию первого трофического уровня, в том числе в морской аквакультуре.

У беспозвоночных, как пойкилотермных животных, значение K_1 может достигать 0,3 – 0,4, что значительно выше, чем у сельскохозяйственного скота и птицы.

Поэтому прирост массы тела у них на единицу потребленной пищи у них в несколько раз выше, чем у млекопитающих, при этом энергию, заключенную в автотрофных организмах они используют без промежуточных звеньев.

Снижение численности домашнего скота, замена животных белков растительными.

Например, в сое содержится до 25% белков. Ее в США широко используют для изготовления «растительного мяса», которое ароматизируют специальными добавками, придающими ему вкус настоящего мяса.

Методы генной инженерии.

Внедрение генов, ответственных за фиксацию азота в неазотфиксирующие бактерии и даже в геном сельскохозяйственных культур. Механизм фиксации азота у разных видов нитрификаторов (бактерии, цианобактерии) контролирует небольшая группа компактно расположенных генов (*nif-система*).

Ее структура у разных видов практически одинакова. Некоторые вирусы способны отрывать *nif*-систему от молекулы ДНК азотфиксирующей бактерии и присоединять ее к ДНК других видов бактерий (горизонтальный перенос генов).

Предполагается, что *nif*-система возникла сравнительно недавно у одного какого-нибудь вида бактерий, а затем посредством вирусов была перенесена в другие виды бактерий и цианобактерий.

Поэтому существует принципиальная возможность переноса ее в геном высших растений. Это позволит повысить урожайность растений и снизить затраты энергии на производство азотных удобрений.