

# Постпирогенные сукцессии и роль огня в филоценогенезе степей



**А.А. Тишков**

*Институт географии  
РАН, [tishkov@biodat.ru](mailto:tishkov@biodat.ru)*

# Постановление Правительства от 10 ноября 2015 года №1213

Постановление от 10 ноября 2015 года №1213. Установлен запрет на выжигание сухой травянистой растительности на землях сельскохозяйственного назначения и землях запаса, в полосах отвода автомобильных дорог и полосах отвода и охранных зонах железных дорог, путепроводов и продуктопроводов. Это будет способствовать обеспечению пожарной безопасности населённых пунктов, объектов инфраструктуры и лесного фонда.

## В степях России в 19-20 вв. закладывались теоретические основы изучения динамики растительности, в т.ч. постпирогенной:

1. Сама геоботаника формировалась из практических нужд поддержания продуктивности и качества сенокосов и пастбищ – луговых и степных (**теория для практики**)
2. У травянистых растений сравнительно короткие характерные времена развития, продолжительности жизни, создания композиций (сообществ) на разных стадиях становления и восстановления, сопоставимые с характерными временами жизни человека (**адекватность характерных времен**)
3. Травянистые сообщества образуют пространственные единицы, которые адекватны элементам микро – и мезорельефа, визуализируются (**адекватность характерного пространства**)
4. Они удобны для экспериментов, оценки реакции и последствий природных (засухи, повышение/понижение уровня грунтовых вод, наступление леса и пр.) и антропогенных (палы, выпас, сенокосение, распашка и пр.) воздействий (**наглядность динамических изменений**)
5. Они, более чем другие типы растительности, детерминированы по составу, доминантам, индикаторам, проявляемым на разных стадиях становления и восстановления растительности (**детерминированность во времени**)
6. И, наконец, исходно в основном для европейских степей, первыми исследователями степи воспринимались как пирогенные модификации, большинство видов растений которых адаптированы к периодическому действию огня

# Вопросов больше, чем ответов!

Но, к сожалению, до сих пор нет ясности в механизмах сукцессионных смен, нет устойчивого понимания закономерностей динамики степной растительности и, главное, сохраняется противоречивость в суждениях по генеральным понятиям исследований сукцессий в степи:

Что есть зональный климакс и субклимаксы?

Каков сукцессионный статус плакорных лесов в степи?

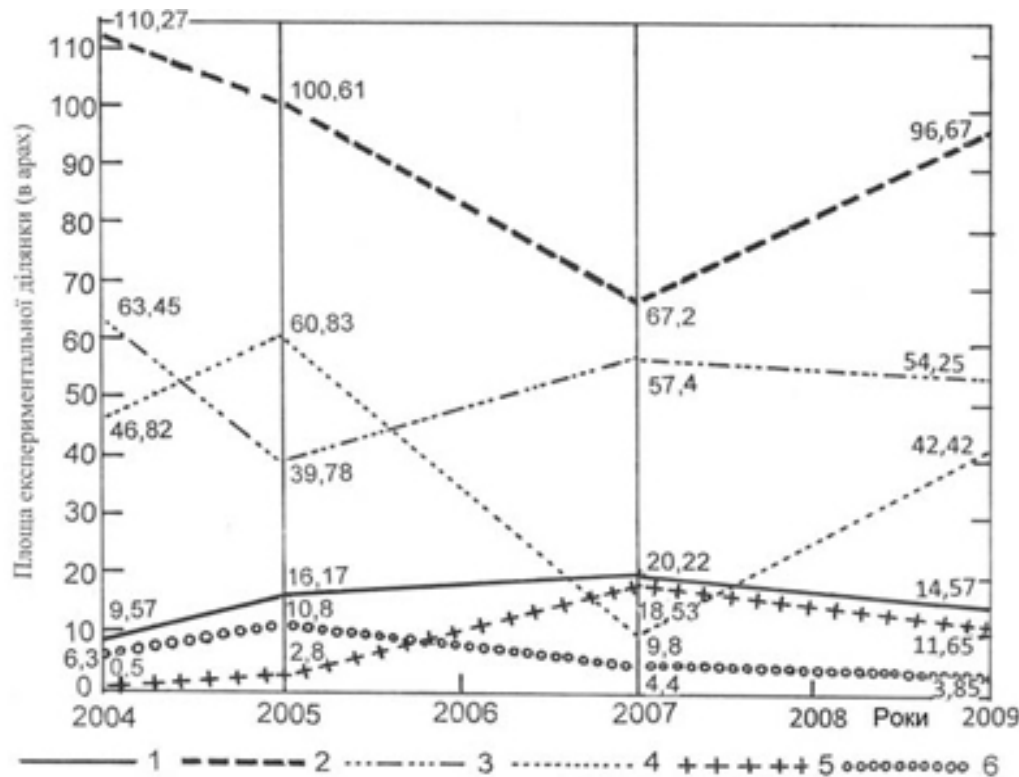
Роль степных палов и пожаров? После каждого ли пала и пожара стартует восстановительная сукцессия или это флуктуации или экзогенные циклы?

Роль растительноядных животных в поддержании климакса?

Обратимость потерь гумуса при длительном аграрном использовании черноземов?

Роль инвазийных, адвентивных видов и археофитов в формировании ранних и средних стадий степных сукцессий?

# Факторы, «усложняющие» картину степных сукцессий: пожары и палы

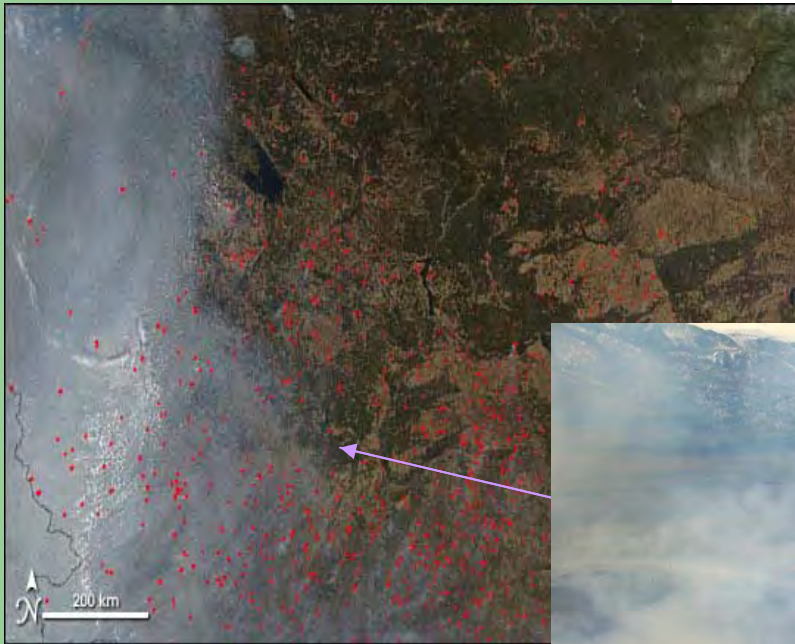


- Изменение пространственных соотношений фитоценозов на участке экспериментального выжигания в охранной зоне «Каменных могил» (Ткаченко и др., 2010)

## Условные обозначения:

- 1 – дерновиннозлаковые с *Crinitarieta villosae*;
- 2 – корневищнозлаковые с *Poeta angustifoliae*;
- 3 – корневищнозлаковые без *Poeta angustifoliae*;
- 4 – *Poeta angustifoliae*;
- 5 – разнотравные с *Artemisia austriaca*, *A. pontica*, *Inula germanica*, *Origanum vulgare*, *Linaria biebersteinii*, *Convolvulus arvensis*, *Chenopodium urbicum*;
- 6 – мохнатокринитариевые (*Crinitarieta villosae*).

## Углерод, черный углерод, экосистемные услуги и «потерянные надежды»?



Пожары 2010 и 2015 –  
травяные Основная масса  
пожаров в лесостепи и  
степи



Степной пожар  
Курск\_24\_11\_2015

# Факторы, усложняющие» картину степных пирогенных сукцессий: выпас



Эксперимент по изоляции от воздействия скота в «целинных» степях Прикаспия (<http://www.pniiaz.ru/> - Прикаспийский НИИ аридного земледелия). **Пастбища горят с частотой - раз в несколько лет**



**Факторы, «усложняющие» картину степных пирогенных сукцессий: постагрогенный характер большинства из них (побывали залежами, другой почвенный пул семян)**

И все это были залежи!!!  
(Как выяснилось ...)





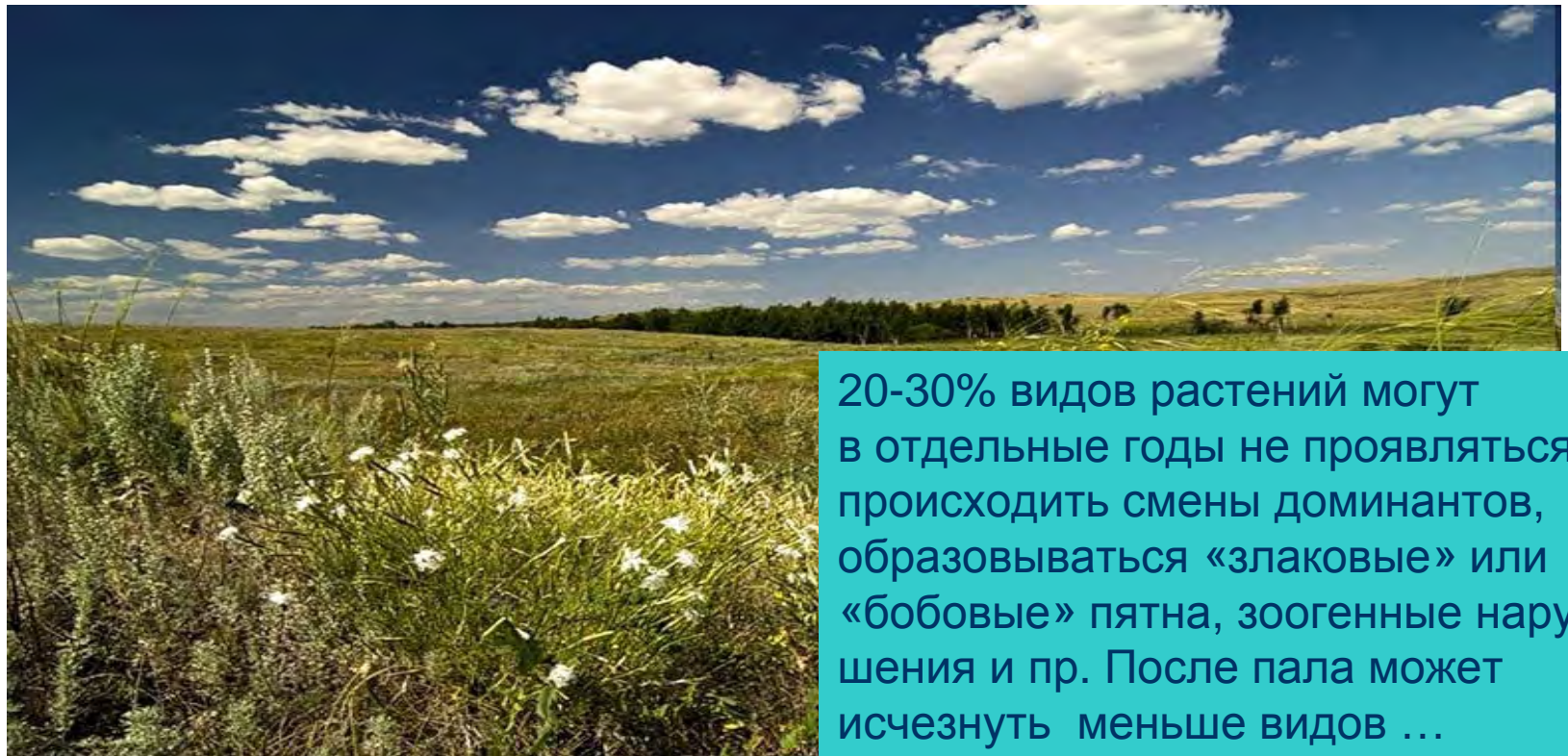
Главный вопрос – современные степи = результат тысячелетнего филоценогенеза, где огонь фактор эволюции. Тогда - **Когда же можно полагают завершенной восстановительную сукцессию?**

При достижении **физиономически близких** к исходным состояний фитоценоза?

При выходе «на плато» графика сукцессии видового разнообразия и **сохранении устойчивого состава** исследуемого сообщества?

Или при **стабилизации процессов функционирования** (показателей продуктивности, интенсивности деструкции отмершей растительной массы и пр.)?

**Но флуктуации состава и структуры степей часто шире, чем изменения в сукцессии (признак вторичности современных степей, их пирогенной или постагрогенной истории)**



20-30% видов растений могут в отдельные годы не проявляться, происходит смены доминантов, образуются «злаковые» или «бобовые» пятна, зоогенные нарушения и пр. После пала может исчезнуть меньше видов ...

# Продолжительность первичных сукцессий степей

|  |         |   |                              |
|--|---------|---|------------------------------|
| Луговые и типичные степи на осушенных озерных террасах | 100-110 | Иссык-кульская котловина, Киргизия                        | Криницкая, Кожевникова, 1978 |
| Луговые степи на речных террасах                       | 150     | Центр Восточно-европейской равнины, Курская область       | Тишков, 1986, 1994           |
| Высокогорные степи, на разновозрастных моренах         | 200     | Долина р. Ронгбук, окрестности горы Эверест, Тибет, Китай | Тишков, 2007                 |

# Вопрос 1. Продолжительность вторичных сукцессий степей, в т.ч. пирогенных

|                  |                              |       |                          |                     |                    |
|------------------|------------------------------|-------|--------------------------|---------------------|--------------------|
| Злаковые залежи  | прерии,                      | 20-40 | Штат Канада              | Саскачеван,         | Тишков, 1994       |
| Луговая залежь   | злаково-разнотравная степь,  | 35    | Курская область,         | Россия              | Цыбанова, 1982     |
| Луговая залежь   | злаково-разнотравная степь,  | > 60  | Курская область,         | Россия              | Филатова, 2005     |
| Луговая залежь   | злаково-разнотравная степь,  | 40    | Сумская область,         | Украина             | Тишков, 1986, 1993 |
| Луговые залежи   | степи на меловых отложениях, | 55-60 | Заповедник Белогорье,    | Воронежская область | Панкратова, 2009   |
| Ковыльная залежь | степь,                       | 36    | Заповедник Аскания-Нова, | Украина             | Тюлина, 1930       |

## Вопрос 2 – Огонь в борьбе степи и леса

Второй ключевой вопрос первичной сукцессии в степях (особенно в луговых) - высокая вероятность *продолжения сукцессии и формирования лесной растительности (при отсутствии пожаров)* не только на транзитных и транзитно-аккумулятивных, но и на автоморфных позициях, что мы и наблюдаем во влажные периоды. При этом длительность эволюционной трансформации автоморфных черноземов в серые лесные почвы определяется литологическим составом материнских пород и составляет: на песках и супесях 1000-1500 лет, на легких суглинках около 1500 лет, на средних суглинках 1500-2000 лет, на тяжелых суглинках 2000-2400 лет, на глинах более 2400 лет (Чендев, 2005).

Стадиальность эволюционной трансформации черноземов в серые лесные почвы и наоборот определяется естественными флуктуациями климата - в течение кратковременных эпизодов его аридизации происходил возврат почв на исходные позиции.

# Степь-лес и «оборот огня»

Значительная часть современного ареала степей Евразии доступна для произрастания некоторых видов древесных растений (дуб, клен, сосна и др.), способных выдерживать летнюю засуху. На юге Европейской России и на Украине по всей степной зоне встречаются реликтовые лесные острова (на меловых и песчаных почвах - сосняки, на черноземах и серых лесных почвах - дубравы и другие широколиственные леса). Начиная с конца XIX в. эксперименты по лесовосстановлению в степях Восточной Европы имели позитивные результаты. «Оборот огня» сузился до периода, который едва покрывал сроки восстановления трав. Закрепление деревьев оказывалось возможным лишь на отдельных участках и в ограниченные периоды времени. Противостояние деревьев и трав с помощью огня закончилось победой последних (Вальтер, 1975).

### **Вопрос 3** - Что считать близким к климаксу (пирогенным субклимаксом) состоянием степной растительности?

На наш взгляд, это комплекс состояний зонального фитоценоза, включающий климатогенные – мезофильные и мезоксерофильные, зоогенные, собственно пирогенные и даже некоторые антропогенные (например, при постоянном выпасе - пасквальные и сенокосении) варианты. Поэтому ожидание появления ковылей, типчака и некоторых видов степного разнотравья при пирогенной сукцессии растительности речных террас рек центральной лесостепи без внешних воздействий (выпаса, палов) может затянуться на столетия.

## Два кризиса – обратимость изменений? А может быть старт второй волны антропогенной эволюции степей и с интенсификацией степных палов и пожаров?

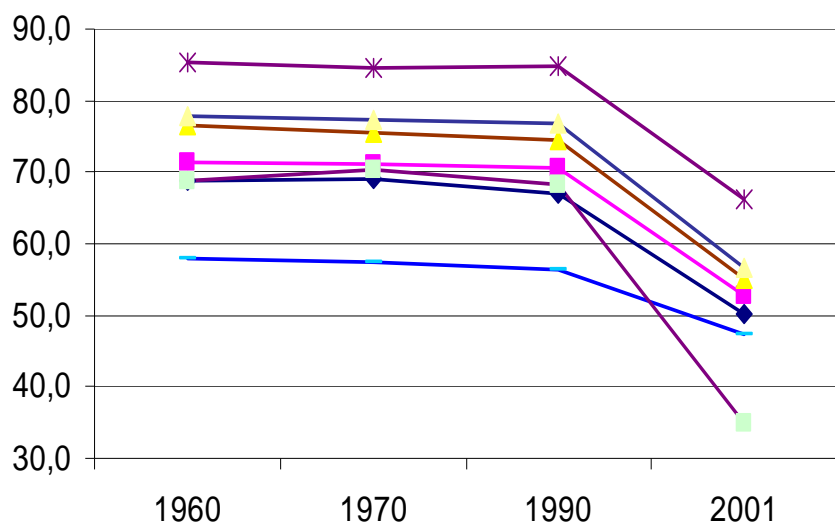
По сути дела **два крупных экологических кризиса**, связанных с освоением целинных степей под пашню в рассматриваемом ареале степной зоны привели в **конце XIX в. и в середине XX в.** к катастрофическому увеличению эмиссии CO<sub>2</sub> из-за деструкции углерода черноземов в процессе распашки и частых пожаров, а также к росту частоты засух и пожаров и возникновению из-за этого в ряде районов «диаспорического голода» для восстановления исходной растительности. Оно не компенсировалось забросом степной пашни в годы перестройки (до 10-20% от уровня 1991 г. в Российской части и более 20-30% - на Севере Казахстана) и резким сокращением поголовья коллективного скота (на 50-75%).



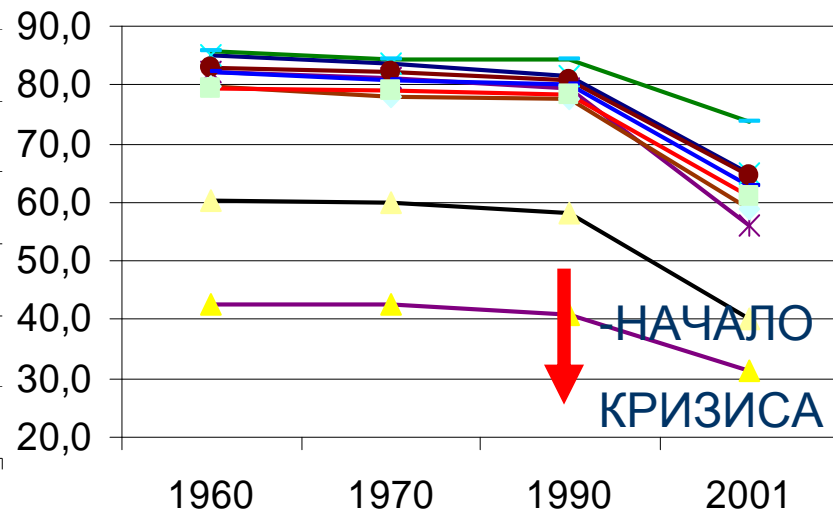
# СНИЖЕНИЕ ПЛОЩАДИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ПОСЛЕ НАЧАЛА ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

% СЕЛЬ/ХОЗ ЗЕМЕЛЬ

## СТЕПНАЯ ЗОНА



## ЛЕСОСТЕПНАЯ ЗОНА



Забрасывание земель – старт активизации степных палов и пожаров

Вопрос о месте восстанавливающихся залежей: бурьянных, разнотравно-злаковых, дерновинно-злаковых, подынных и др.

## Современный этап филоценогенеза - антропогенной (пирогенной) эволюции как результата редукции вторичных постпирогенных сукцессий (признаки)

- 1 – новый зональный климакс (признак филоценогенеза); м.б. - бывший субклимакс?
- 2 – изменение флористического состава ранних, средних и заключительных стадий сукцессии (за счет инвазий, иного сорно-бурьянного комплекса, изменения ареала, видообразования?)
- 3 – новые местообитания → новые фитоценозы → новые условия почвообразования → новые экосистемы (на бедном черноземе бедная степь)
- 4 – перестройки в региональных сукцессионных системах (ряды, серии, стадийность и пр.)

# Этапы эволюции сукцессионных систем степи

- К эпохе бронзы (2-3 тыс. л.н.) на Русской равнине значительные площади степной растительности были представлены пирогенными субклимаксами
- С появлением переложной системы земледелия, сохранявшейся на юге России вплоть до начала 19 в., а затем - 3-хпольной и многопольной травяной системы земледелия пул видов растений, формирующих пионерные и средние стадии существенно пополнился за счет адвентивно-синантропных и сорных видов, различающихся по происхождению и географической приуроченности (однолетников-терофитов, корневищных и корнеотпрысковых травянистых многолетников).
- На ранних стадиях земледелия получили сукцессионный статус пионерных и средних стадий сукцессии, в том числе сорно-бурьянных, некоторые археофиты и кенофиты.
- Уже в отложениях начала субатлантического периода в степной зоне (>2500 л.н.) возрастает участие пыльцы культурных злаков, а вместе с ними и сопутствующих сорняков, которые, по-видимому, активно внедрялись и во вторичные степи.

## Что происходит с залежными сукцессиями в настоящее время?

Первое – повсеместность процессов при забрасывании (из островного положения во фронтальное)

Второе – увеличение продолжительности протекания ранних и средних стадий (сравнение с 19 в., когда через 10-15 лет на перелогe при 3-польной, залежной и переложной системах оборот был короче и шло восстановление запасов гумуса; сейчас – нет)

Третье – блокирование наступления средних стадий сукцессии

# Блокирование сукцессии на степной залежи *за счет*:

- а) дефицита видов растений заключительных стадий сукцессии («диаспорического голода»)
- б) выпадения отдельных стадий из-за отсутствия или избытка семян отдельных видов растений в почве на момент старта залежной сукцессии, или обострения конкуренции среди потенциальных доминантов
- в) ранневесенних (после обсеменения) или осенних (до обсеменения некоторых видов, с выжиганием корней некоторых злаков средних стадий сукцессии из-за накопившейся горючей массы ветоши) **палов и степных пожаров**
- г) сохранения высокого «загрязнения» посевов до начала демутации сорняками, в том числе *Elytrigia repens*, иссушающих верхний почвенный горизонт и препятствующих появлению растений следующих стадий
- д) при возрастании на ранних стадиях демутации роли инвазийных видов, например амброзии, которой заняты сотни тысяч га аграрных земель, в том числе и залежей
- е) частоты повторяемости засух и циклов размножения степных грызунов.

# География перестроек в залежных сукцессиях

Б.Б. Намзалов с сотр.(2005): региональная особенность залежных демутаций абаканских и тувинских степей - формирование особой «мелкобурьянистой» стадии, предшествующей развитию крупного бурьяна; в Бурятии на залежах она выпадает



# Отечественные геоботаники 19 века о залежных сукцессиях («зацелинивание») и действиях огня

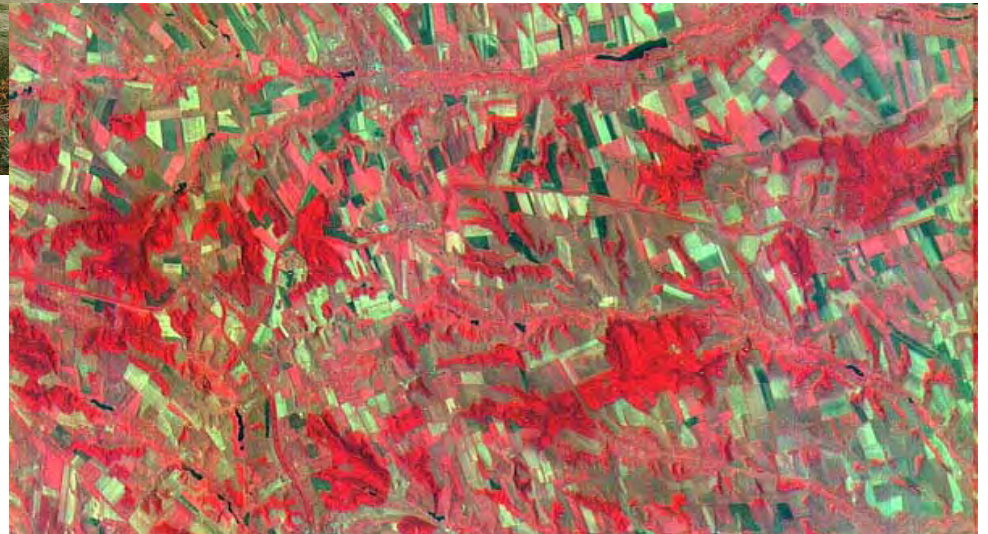
Клаус, 1852; Кернер, 1863; Черняев, 1865; Грунер, 1872; Неручев, 1873; Филиппченко, 1875; Смирнов, 1885; Краснов, 1886; Танфильев, 1886, 1888, 1889; Коржинский, 1891 и др.

- 1 – изучение стадий зацелинивания (с палами и без палов);
- 2 – учение о флуктуациях состава флоры, которые глубже, чем изменения при сукцессиях (действие огня огонь циклично);
- 3 – выдающаяся роль в сменах почвенного банка семян (в отличие от других природных зон в черноземах сохраняются семена всех (!) стадий сукцессии (чем глубже – тем больше семян предшествующих этапов развития);
- 4 – роль степных грызунов, в первую очередь сурка в сохранении пула семян бурьянной и длиннокорневищно-злаковой стадий, а также роль в остановке огня;
- 5 – высокая скорость появления на залежах близких к климаксу стадий (10-15 лет);
- 6 – корректирующая роль внешних факторов (в основном увлажнения) – циклы без пожаров;
- 7 – естественное облесение степей и роль огня в взаимоотношении леса и степи;
- 8 – консервативность аборигенной флоры в отношении вселенцев (не выдерживают оборота огня) и роль конкуренции
- 9 – роль характера обработки почвы, вида посевов и продолжительность распашки
- 10 – эксперименты по зацелиниванию (Деркульская целина); с огнем и без огня.

# Залежи и развитие системы ООПТ и региональных экосетей



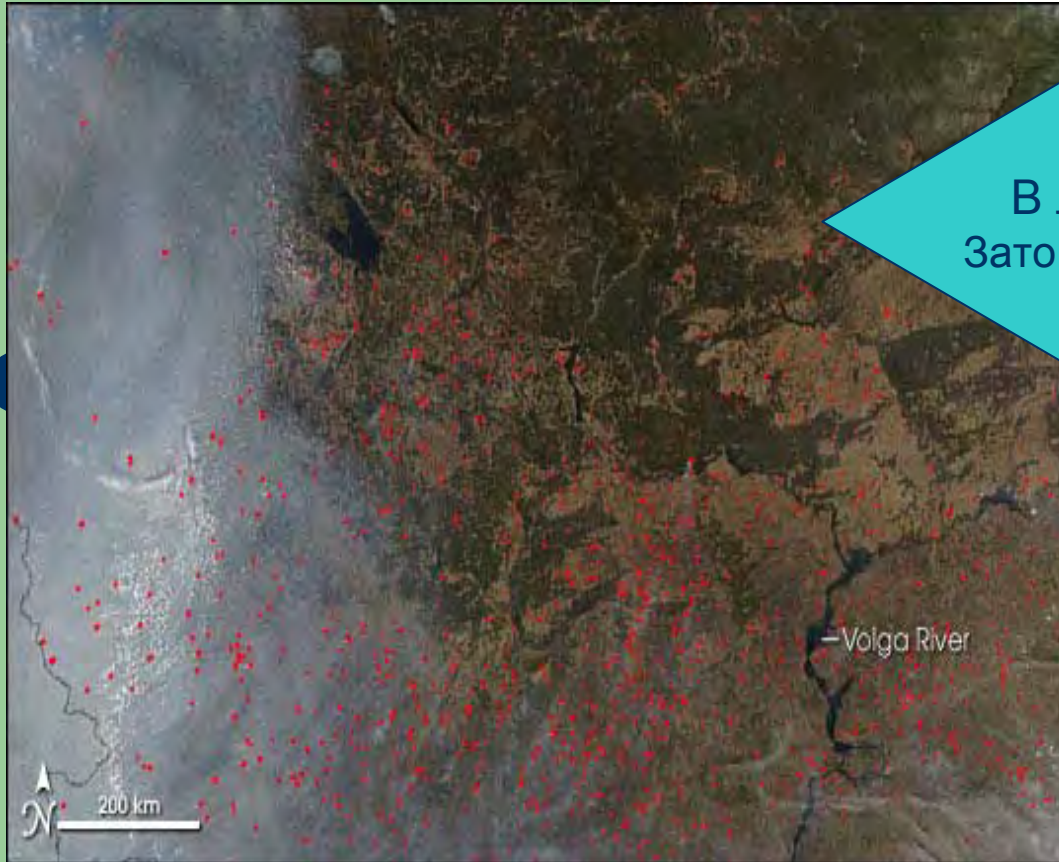
Вопросы: размерность, фрагментация, продолжительность использования, характер сукцессии, наличие рядом целинных участков, перспективы сохранения, **частота палов и выпас**





Вот так горели степи и  
Степные залежи в 2010

В лесной зоне пожаров было мало.  
Зато бурьянные комплексы степи горели



Карта пожаров  
размещенная на сайте  
РГО (МЧС знала ситуацию,  
но упорно называла все  
пожары лета 2010 года  
лесными

Степной пожар  
Курск\_24\_11\_2015

# Надземная и подземная фитомасса

Эволюция большей части грасландов, травяно-кустарниковых сообществ средиземноморского типа и экосистем открытых лесов субтропических и тропических областей (лесной саванны) происходила под контролем огня. При этом адаптация растений к постоянному воздействию природных пожаров, в отличие от лесов, шла здесь сопряженно с их адаптацией к воздействию диких животных-фитофагов - насекомых, грызунов и копытных. Роль последних заключалась не только в поддержании биологического круговорота и потоков энергии в экосистеме, но и в сокращении надземной массы растительного опада - потенциального горючего материала. Это снижает риск возникновения пожара в климаксных сообществах, его интенсивность и последствия для биоты. Но на пионерных и средних стадиях сукцессии соотношение надземной и подземной в пользу первой.

## Оценка массы сгорающего органического материала на единицу пройденной степным пожаром площади, т\га (оценка)

| Категория горючего материала | Общий запас надземной массы, т\га |           | Масса сгорающего материала, т\га |           |
|------------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
|                              | Степи                             | Саванны   | Степи                            | Саванны   |
| Надземная фитомасса          | 2,0 - 6,5                         | 25,0-45,0 | 1,5 - 4,5                        | 10,0-20,0 |
| Ветошь                       | 0,5 - 2,5                         | 3,0-8,0   | 0,5 - 2,4                        | 2,7-7,5   |
| Подстилка                    | 2,0 - 6,0                         | 2,0-10,0  | 1,8 - 5,5                        | 1,8-9,0   |
| Итого                        | 4,5 - 15,0                        | 40,0-62,0 | 3,8 - 12,4                       | 14,5-36,5 |

# Истоки пирогенного характера современных степей

Степи также оказались достаточно устойчивыми сообществами, хотя, как показала история последних тысячелетий, "уязвимым местом" сукцессионной системы степей оказалась частота нарушений и снижение пресса травоядных млекопитающих. Если в условиях субтропиков снижение пресса травоядных компенсируется действием огня или сапротрофной фауны и бактериями-деконструкторами, то **в умеренном климате с длительным холодным периодом возможности компенсационных механизмов в системе "фитофаги-сапрофаги" ограничены.** В итоге варианты близкого к климаксу в степях более разнообразны, нежели в других биомах (Tishkov, 1994).

# Пирогенные флуктуации - начало

Периодические (раз в несколько лет) пожары вызывают пирогенные флуктуации структуры и состава растительного покрова. Не все растения одинаково реагируют на огонь:

- **эфимеры** (однолетние раннецветущие растения) успевают отцвести и дать семена в короткий влажный период весной;
- также весной сразу после схода снега цветут и формируют органы размножения **эфемероиды** (многолетние раннецветущие растения);
- **кустарники** адаптированы к периодической потере надземной части в результате воздействия копытных животных и пожаров; почки возобновления у них защищены почвой;
- у большинства многолетних корневищных злаков исключительно активно вегетативное размножение и отрастание после пожара;
- дерновинные злаки при сильном ветре («беглом пожаре») сохраняют середину сердцевины дерновины (например *Stipa*, *Festuca*).

Пирогенные флуктуации возникают в травяных экосистемах в случаях периодических пожаров, которые не вызывают разрушительных последствий для растительности. В результате действия огня лишь меняется соотношение разных групп растений, усиление позиций растений-однолетников, ослабление роль кустарников и крупных трав. Но после нескольких лет структура сообщества входит в норму до следующего пожара.

## Пирогенные сукцессии – демутация после мощных пожаров, возникающих после многолетнего накопления мормассы

Пирогенные сукцессии - это следствие сильного пожара, когда накопление органического материала на поверхности почвы привело к действию высоких температур на растения и к их гибели на отдельных участках. В данном случае, ранние стадии вторичной пирогенной сукцессии формируются сорно-бурьянным комплексом растений, семена которых начинают прорастать на гари за счет грунтового запаса. В его составе закономерно представлены именно сорняки, а не растения климаксовой степи. На средних стадиях сукцессии, например в настоящих степях Евразии, доминируют многолетние корневищные злаки (типа *Eritrigia repens*) и разнотравье. Заключительная стадия восстановления знаменуется возвращением на свои позиции дерновинных злаков и полным исчезновением сорных видов. В итоге весь цикл сукцессии охватывает 8-15 (до 30) лет. Быстрому восстановлению способствует умеренный выпас домашнего скота или диких копытных, а также весенние палы, уничтожающие сорные растения и создающие условия для приоритетного развития степных растений.

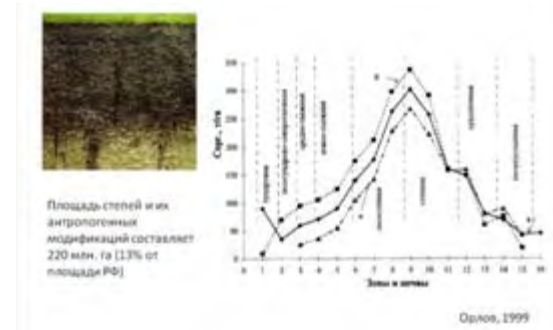
# Истоки гармонии?

Огонь стал неотъемлемой частью технологии земледелия и скотоводства в степях. Как и в случае с подсечно-огневым земледелием лесной зоны в степях целинный участок выжигали. Кроме того, выжигание применяли и для борьбы с сорняками и бурьяном, которые в изобилии появлялись на залежах. Очаги первобытного земледелия у человека каменного века формировались в граблях южной и восточной Европы и восточной Азии. Здесь одними из первых земледельцев были скифы, которые выращивали, судя по материалам раскопок на юге Украины и России, пшеницу, рожь, ячмень, просо. Они же были прекрасными скотоводами, перенявшими опыт рационального использования огня на природных пастбищах у своих азиатских соседей. Именно в поясе степей сформировалась уникальная социально-природная пастбищная система кочевого скотоводства, которая не нарушает равновесия травяной экосистемы.

*Накопленный за тысячелетия углерод степных почв (до 300-400 т/га) не высвобождается при пожаре, а выступает своего рода стабилизатором биосферных процессов. Но есть вопросы –черный С, биота и др.*

# Пожары и эмиссии углерода

Принято считать, что биомы саванны и степей имеют оптимальные по климату условия для продуцирования, когда созданная за год первичная продукция расходуется в годовом цикле по 4-м каналам - потребление фитофагами, отмирание и деструкция с помощью сапрофагов, в т.ч. микроорганизмов, абиотическое разрушение мертвого органического вещества и действие огня. Доля углерода, который высвобождается по разным каналам биологического круговорота меняется в зависимости от погодных условий (в некоторых случаях - от миграционной активности копытных животных и насекомых). Но в сумме она соответствует величине продукции растений. Вклад в глобальную «активную» часть круговорота углерода граблей пропорционален площади их биомов. Действительно, суммарно их годовая продукция выше, чем тропических лесов и только немного ниже, чем всех лесов, включая бореальные. Продукция природных граблей составляет почти 45% чистой первичной продукции углерода (**48,4 x 10<sup>15</sup> g C**) планеты





Спасибо за внимание!

