

Методы оценки пирогенного воздействия на фитоценозы и ландшафты

(на примере хвойных и лиственных лесов зоны умеренного климата)

Сухомлинова Валентина Владимировна, к.г.н.

Введение

Пожары в природных сообществах стали постоянной, обычной и, к сожалению, привычной реальностью наших дней. Регулярное огневое воздействие способствует трансформации наземных экосистем. Если такая трансформация происходит длительное время и на больших территориях, у людей складывается неверное представление о норме состояния экосистем. Изменения пирогенного характера в этом случае воспринимаются как естественное, то есть нормальное для этой климатической зоны явление. В результате любой наблюдатель, в том числе и специалист в области развития фитоценозов, перестаёт рассматривать пожары как фактор, определяющий состояние экосистем.

Таким образом, возникает проблема методического характера. Она заключается в том, чтобы с помощью ряда индикаторов выявить связь пирогенного фактора с происходящими в экосистемах процессами развития. Эта цель может быть реализована с помощью решения следующих методических задач.

1. Выявление индикаторов, по которым можно определить наличие пирогенного фактора. К этой категории относятся исключительно пироиодикаторы, то есть те показатели, по которым можно определить давность пожара и регулярность огневого воздействия на экосистему.

2. Определение эталона экосистем, развивающихся без влияния пожаров. Это необходимо для того, чтобы иметь точку отсчёта для оценки степени пирогенной трансформации и перспектив развития экосистем.

3. Оценка степени нарушенности экосистем в различных территориальных масштабах – от локального фитоценоза до ландшафта и природной зоны. В этом случае анализ пожарных индикаторов должен быть сопряжён с анализом фитогенной мозаики ландшафта и с направленностью происходящих в ней изменений. Суть такого анализа состоит, как правило, в оценке пропорций фитоценозов данной территории, находящихся на разной стадии пирогенной трансформации. При этом необходимо оценивать не только степень пирогенной нарушенности, но и вектор сукцессионного развития фитоценозов при сохранении данного пожарного режима. Кроме того, следует учитывать и тот факт, что некоторые фитоценозы могут выполнять функции проводников пожаров или, наоборот, изолирующих

барьеров. Этот территориальный анализ позволяет не только оценить степени пирогенной нарушенности всей совокупности фитоценозов, но и спланировать действия по предотвращению и тушению пожаров.

Эти задачи расположены не в порядке убывания значимости, а в порядке действий, которые человек, оценивающий пирогенный фактор на данной территории, может совершить. Это алгоритм действий. Сначала, используя систему пироиндикаторов, человек оценивает наличие и степень выраженности пирогенного фактора. Затем проводится анализ видового состава фитоценозов. Это позволяет определить сукцессионную стадию деградации или восстановления, а также перспективу развития. Анализ совокупности фитоценозов данной территории, находящихся на разных стадиях пирогенной деградации, позволяет оценить масштабы пирогенного давления на экосистемы и принять адекватные меры. В идеале необходимо ставить и четвёртую задачу – определение и картографирование всех фитоценозов суши планеты Земля, находящихся на разных стадиях пирогенной деградации.

Основные понятия

Поскольку в данном методическом пособии используется ряд терминов, в том числе и оригинальных, необходимо привести их расшифровку.

Пирогенный фактор в экологической концепции – это совокупность пожаров, оказывающих влияние на состояние экосистемы. Этот фактор может проявляться только в наземных экосистемах, формирующихся в условиях, допускающих возгорание органики и последующее неконтролируемое распространение огня. Избыточное увлажнение минимизирует вероятность присутствия пирогенного фактора, но не исключает возможность возникновения пожаров. Трудно допустить наличие пирогенного фактора в мангровых зарослях, однако тундра и болота зон, где существует период отрицательных температур, подвержены действию пожаров, в том числе довольно сильных.

Пирогенный фактор в настоящее время является преимущественно антропогенным. Это связано, прежде всего, с преднамеренными выжиганиями, производимыми с разными целями. Эти выжигания переводят пирогенный фактор из категории редких стихийных бедствий в категорию регулярного, частого и привычного явления.

Пожары являются фактором развития экосистем только в том случае, если происходят с регулярностью, не позволяющей экосистемам восстановиться до первоначального состояния. Во всех других случаях пожары являются не фактором последовательной эволюции экосистем на одной территории, а стохастическим процессом, который может обрести значимость только на биосферном уровне. При преднамеренных выжиганиях растительности человеком на больших территориях пожары становятся фактором,

определяющим состояние всех экосистем любых иерархических уровней в большей степени, чем естественные параметры климатического характера.

Привычка использовать огонь в качестве орудия труда и средства регулирования состояния экосистем получила название **пиротехнического стереотипа природопользования**. Эта традиция основана на представлениях о пользе пожаров для экосистем суши. Поскольку огонь уничтожает живую и мёртвую органику, говорить о пользе пожаров нельзя в принципе. Исключением из этого правила может быть только встречный пал, который позволяет с помощью небольшого и контролируемого пожара потушить другой крупный и разрушительный пожар. Пиротехнический стереотип природопользования является результатом неверного представления большинства людей о пользе пожаров, а также о допустимости и даже необходимости применения огня в природопользовании. Именно благодаря привычке общества использовать огонь в природопользовании, на многих территориях формируются и длительно существуют крайне деградированные фитоценозы с низкими показателями биоразнообразия и биопродуктивности.

Огневое воздействие на экосистемы конкретной территории нуждается в единицах измерения. Такими единицами являются:

- Частота возникновения и развития пожаров;
- Характер распространения огня;
- Локализация пожара в горючем материале;
- Степень поражения растительности;
- Величина устранения мёртвой органики.

Если унифицировать все эти категории, то пирогенный фактор можно описать в виде некоего постоянного явления, получившего название **пожарного режима**. Этот режим измеряется в индикаторных характеристиках пожаров, оказывающих воздействие на фитоценозы определенной территории в определенный период времени. Данное понятие рассматривается преимущественно в локальных масштабах. Однако его можно использовать и для описания ситуаций на ландшафтном и даже биосферном уровнях.

Пожарные режимы определяются по прямым и косвенным признакам. К прямым относятся непосредственные наблюдения пожара с фиксацией характеристик пламени и площади охвата территории огнём. К косвенным методам относится анализ совокупности пирознаков, которые позволяют выяснить величину пирогенного фактора.

Пожарные режимы формируются из следующих параметров.

1. Частота огневого воздействия в годах. Для низовых пожаров выделяется следующая периодичность: ежегодные - 1-2 раза в год, очень частые – 1 раз в 2-5 лет, частые – 1 раз в 6-10 лет, редкие – 1 раз в 11-20 лет, очень редкие – 1 раз в 21-30 лет, не регулярные – 1 раз в 31-100 лет, эпизодические – один раз во временном интервале свыше 100 лет. Данная классификация основана на способности экосистемы восстановиться до первоначального состояния, что фактически означает возможность деревьев

климаксовых сукцессионных стадий сформировать подрост и выйти в верхний ярус.

2. Сила огневого воздействия. Сюда входят характеристики пожара, определённые по его следам различной давности. Как правило, по косвенным признакам можно выяснить высоту пожара, длительность и примерную температуру воздействия на деревья на уровне качественной оценки (высокая-средняя-низкая).

3. Степень поражающего воздействия. Определяется по ряду косвенных признаков, куда входят пиротравмы растений и видовой состав растений по ярусам. Наибольшей индикаторной ценностью обладают пиротравмы деревьев верхнего яруса. Кроме того, в качестве индикаторов необходимо рассматривать и видовой состав нижних ярусов: кустарников, кустарничков, трав, мохового покрова, подроста деревьев. Дополнительным индикатором является определение толщины подстилки и опада. Лучше всего в этой совокупности признаков идентифицируются пожары недавние (примерно до 5 лет), сильные и очень сильные или регулярные, происходящие в коротком временном интервале (частые и очень частые).

Поскольку большинство пожарных режимов способствуют пирогенной деградации экосистем, то есть их переходу в состояние с другим видовым составом, появляется необходимость определения **предельно допустимого пирогенного воздействия (ПДПВ)**. Это длящийся неопределённое время пожарный режим, который приводит к радикальному изменению видового состава фитоценоза. ПДПВ определяется с помощью анализа пожарного режима и видового состава фитоценоза в динамике.

Нами выделены следующие пожарные режимы, являющиеся предельно допустимыми для различных уровней пирогенной трансформации фитоценозов.

1. Отсутствие пожаров как сукцессионно значимого фактора. Это означает, что пожары происходят с интервалом, позволяющим фитоценозам восстанавливаться до первоначального состояния. Если пожары происходят чаще или интенсивнее, то пирогенный фактор становится лимитирующим. В результате фитоценоз переходит на новый уровень пирогенной деградации. Этому уровню соответствует своя величина ПДПВ.

2. ПДПВ фитоценозов начального омоложения. К этой категории относятся пожарные режимы, которые способствовали появлению фитоценозов, сохранивших большую часть видов, формирующих климакс, но с иным соотношением этих видов. В силу этого в сообщество проникают виды, не свойственные климаксу. Обычно данное ПДПВ соответствует низовым устойчивым пожарам с интервалом в 15-20 лет, а также низовым беглым с интервалом в 10-15 лет. Такие пожары регулярно уничтожают подрост, осветляя фитоценоз и позволяя видам с быстрыми темпами роста занять освобождаемые огнём ниши.

3. ПДПВ сильного омоложения. В составе таких фитоценозов доминируют виды ранних сукцессионных стадий, но могут также присутствовать виды климакса. Последние утрачивают доминирующее

положение и могут присутствовать в виде редких взрослых особей, подроста, изолированных групп и т.п. К такому состоянию обычно приводит установление пожарного режима низовых пожаров, происходящих не реже, чем 1 раз в 5-7 лет. Этот пожарный режим должен длиться не менее 15-20 лет.

3. ПДПВ полного омоложения. Характерной особенностью фитоценозов, находящихся в условиях такого пожарного режима, является полное отсутствие видов климаксовых и предклимаксовых стадий. Исчезновение видов климакса возможно при пожарном режиме, не позволяющем подросту таких видов подняться до высоты, при которой они не будут гибнуть в огне. ПДПВ, способное перевести фитоценоз в стадию полного омоложения, соответствует пожарному режиму низовых пожаров, происходящих в интервале от 3 до 5 лет. Такой пожарный режим сильно изменяет условия среды, в результате чего взрослые деревья и подрост могут погибнуть не только от пиротравм.

4. ПДВП лесного параклимакса в различных вариантах. Чаще всего это фитоценозы, сформированные малым количеством видов во всех ярусах. Типичным сообществом такого плана являются дубняки с быстро растущими кустарниками, например, лещиной. Их верхний ярус сложен пирогенно трансформированными тонкоствольными дубами, а нижний – зарослями леспедецы или лещины. Возможно существование дубняков без кустарникового яруса. В этом случае формируется ярус преимущественно злаковых трав. Суть этого параклимакса состоит в том, что при длительном (лет 20-30) пирогенном режиме низовых беглых пожаров с интервалом не реже 1 раза в 3 года, с возможным временным увеличением межпожарного интервала, формируется сообщество, которое даже при устранении пирогенного фактора достаточно длительное время может сохранять состояние псевдоклимакса.

5. ПДПВ нелесного параклимакса на месте разрушенных лесных сообществ. Они существуют при пожарном режиме низовых беглых, реже устойчивых, пожаров, происходящих с интервалом в 1-2 года. Здесь возможны пожары и несколько раз в год. Поскольку в таком режиме восстановление древесных видов в принципе невозможно, то такое ПДПВ исключает наличие деревьев, но поддерживает существование кустарниковых, кустарниково-травянистых и травянистых сообществ. Именно в таком режиме развиваются разные варианты злаковых и осоковых сообществ. В таком же режиме длительное время могут существовать кустарниковые сообщества, слагаемые, например, леспедецей, лещиной, а также кустарниковыми формами некоторых видов деревьев, например, дуба или клёна.

6. ПДПВ вторичного заболачивания. Определить универсальный пожарный режим для ситуаций формирования болота или даже водоёма на месте леса очень сложно, поскольку в этом случае большую роль играют особенности не только пожарного режима, но и ландшафта. В качестве примера можно описать два таких варианта. Первый – единичный, но сильный подземный пожар с выходом на поверхность почвы. В этом случае органика в любом её состоянии полностью уничтожается, а на минерализованном

основании в низинах скапливается вода. Появляется или небольшой водоём с первичным формированием береговых фитоценозов, или система переувлажнённых впадин и вновь формируемых фитоценозов на небольших возвышениях. Другой вариант не приводит к столь радикальной скачкообразной трансформации фитоценозов. При ежегодных пожарах, спровоцированных преднамеренными поджогами, мохово-лишайниковые подушки не горят, но подсушиваются по границам. В результате, например, лиственничники с багульником болотным и брусничкой постепенно выгорают, а на их месте формируются болотные кочки с открытой водой между ними. Таким образом, вторичное заболачивание может возникнуть при разных пожарных режимах и разных параметрах ПДПВ.

Пирогенная трансформация фитоценозов формирует специфическую территориальную мозаику. С этой точки зрения все фитоценозы могут выполнять две функции – проводников огня и пожарных барьеров.

Фитоценозы-проводники огня – это растительные сообщества с хорошо развитым нижним травянистым ярусом и низким уровнем сомкнутости крон деревьев верхнего яруса. Такие фитоценозы хорошо прогреваются солнцем, быстро высыхают и продуваются. В результате в них велика вероятность развития низовых пожаров с большой скоростью распространения огня и высоким пламенем. Это понятие не стоит путать с высоким уровнем пожарной опасности, при которой определяется состояние горючего материала с точки зрения вероятности возгорания и его перехода в пожар. В какой-то степени к проводникам огня можно отнести хвойные леса с хорошо развитым хвойным подростом. При определённых условиях в этих лесах низовой пожар может быстро перейти в верховой. Однако такие леса обычно содержат много влаги, что затрудняет процесс возгорания и распространения огня в период между засухами, поэтому хвойные леса могут выполнять и функцию барьера.

Фитоценозы, выполняющие функции пожарного барьера, обладают слабой способностью к возгоранию и распространению огня. К этой категории относятся леса с высокой степенью сомкнутости полога, отсутствием сплошного покрова высоких трав и наличием толстого слоя опада и подстилки. Кроме того, к этой категории можно отнести заболоченные участки. В погодных условиях, являющихся нормой для данной климатической зоны, описанные состояния фитоценозов способствуют сдерживанию продвижения фронта пожара.

Пироиндикаторы

В процессе горения органика, как живая, так мёртвая, трансформируется в неорганические соединения, что меняет обычное соотношение веществ и элементов во всех средах биосферы. Эти изменения, плюс трансформация видового состава экосистем, оказывают влияние на развитие экосистем всех уровней, в том числе и водных. Для определения перспектив развития

наземных экосистем необходима оценка степени давления пирогенного фактора.

Такая оценка производится по двум категориям индикаторов. Это **пирознаки и биоценотические характеристики**.

К **пирознам** относятся все следы воздействия огня, оставленные на живых и мёртвых растениях, а также в подстилке и почве. Следы огня, сохранившиеся на растениях, получили название пиротравм.

Использование в качестве пироиндикаторов почвенных разрезов допустимо и обоснованно. Однако этот метод позволяет получить лишь косвенные данные – прежде всего наличие или отсутствие слоёв органики на разных уровнях. Наличие же или отсутствие углей на тех или иных глубинах не содержит достоверной информации о пожарах, происходивших в отдалённом прошлом. И уж тем более эту информацию нельзя использовать в качестве источника для определения пожарного режима.

Дело в том, что большая часть твёрдых продуктов горения смывается водой или разносится ветром. Почвообразовательный процесс при отсутствии запасов живой и мёртвой органики крайне затруднён. И для того, чтобы угли оказались погребёнными под слоями грунта, нужно наличие особых условий. Например, не до конца сгоревший ствол дерева, постепенно разлагаясь, погружается в нарастающие сверху почвенные горизонты. Однако это возможно только в том случае, если после пожара были созданы условия для накопления органики, то есть чтобы длительное время здесь не было бы пожаров, наводнений и других стихийных бедствий. Захоронение углей возможно и в том случае, если сгоревшие стволы в результате каких-либо процессов (оползни, наводнения с наносом песка и т.п.) покрываются грунтом.

Следует заметить, что слой угля можно обнаружить в почве преимущественно при лесных пожарах. При сгорании травы угля образуется очень мало, а пепел быстро уносится из места воздействия огня.

Таким образом, наличие или отсутствие углей в почвенных слоях является лишь косвенной информацией о пожарах. Кроме того, есть вероятность того, что уголь в почве может сконцентрироваться не по причине пожаров, а по причине существования на этом месте кострища. Ведь человек пользуется огнём давно.

С наибольшей достоверностью можно определить пожарный режим в лесном фитоценозе. Для этого используются, прежде всего, пиротравмы взрослых деревьев. Пиротравмы молодых деревьев, а также кустарников и кустарничков выполняют специфическую индикаторную роль преимущественно в совокупности с другими индикаторами, а также с анализом видового состава растений всех ярусов. Особой индикаторной ценностью обладают пиротравмы уже погибших деревьев. Сам факт наличия упавших мёртвых деревьев с пиротравмами или без них является показателем определённого пожарного режима. Аналогичной информационной ценностью является и полное отсутствие упавших стволов на обследуемой территории. Это означает, что пожары здесь происходят настолько часто и давно, что стволы на земле полностью сгорают.

Пиротравмы деревьев

Пиротравмы стволов формируются преимущественно при низовых пожарах. Есть вероятность обнаружения пиротравм стволов и при верховом пожаре, но только в том случае, если часть деревьев подверглась опалению, но не сгорела полностью. Мёртвые полностью обгорелые стволы свидетельствуют о том, что не так давно (точность около 5 лет) на этом месте был хвойный лес, который полностью сгорел. Упавшие обгорелые стволы свидетельствуют о давности пожара.

Все пиротравмы стволов можно разделить на следующие индикаторные категории.

1. Закопчённость коры без нарушения её целостности. Она заметна только на светлой коре, например, берёзы или осины, а также на коре молодых деревьев или кустарников. При отсутствии других индикаторов закопчённость коры может свидетельствовать о недавно прошедшем беглом низовом пожаре. Высота подскопчённости говорит о характере пожара. Низкий уровень расположения пиротравм (до 1м) говорит о том, что прошёл низовой беглый или устойчивый пожар, при котором горела преимущественно трава и/или лесная подстилка. Если пиротравмы располагаются на уровне около 2 и более метров, это говорит о том, что прошёл низовой беглый пожар при сильном ветре. Пожар со столь высоким пламенем возможен только в том случае, если существует обильный травостой, состоящий преимущественно из злаков и осок. В свою очередь, такой травостой развивается при хорошей освещённости нижних ярусов, то есть при антропогенной, в том числе и пирогенной трансформации лесных экосистем.

2. Нарушение целостности коры. Как правило, при сильном, но одноразовом пирогенном разрушении коры, дупло не образуется. Если пожары происходят, например, один раз в 5-10 лет, то чаще всего небольшое повреждение коры деревом залечивается. Однако в некоторых случаях, а также при повторном повреждении может начаться дальнейшее разрушение коры за счёт развития на месте повреждения грибов, бактерий, насекомых и тому подобных организмов, питающихся живой или мёртвой органикой. Ослабленное дерево не может противостоять деятельности этих организмов, в результате чего может начаться уже вторичное, то есть не пирогенное разрушение не только коры, но и других тканей дерева. Описанные повреждения свидетельствуют о том, что низовые пожары происходят в данном фитоценозе с периодичностью один раз в 2-3 года. Однако этот пожарный режим установился недавно, то есть данный фитоценоз пережил не более трёх пожаров за сукцессионно значимый период.

3. Деревья с активно развивающимися дуплами пирогенного происхождения. Статус пироиндикатора дупло приобретает только в том случае, если удаётся обнаружить обугленность тканей вокруг или внутри дупла. Как правило, пирогенное дупло формируется при неоднократном огневом воздействии, что приводит к полному устранению коры и

повреждению древесины. С этой пиротравмы начинается гибель дерева. При последующем отсутствии разрушающих факторов (регулярные пожары, деятельность насекомых и т.п.) большое и здоровое дерево может прожить с таким дуплом долго. Однако любой пожар для такого травмированного дерева губителен в гораздо большей степени, чем для ещё не повреждённого. Индикаторное значение такой пиротравмы зависит от количества повреждённых деревьев. Если пироженное дупло обнаружено только у одного дерева на относительно большой площади (500 квадратных метров и более), это говорит о том, что здесь давно не было пожаров. Однако оценивать воздействие пироженного фактора в данном случае нужно по совокупности признаков. Например, редколесье с развитым травостоем из злаков или осок в лесной зоне обычно формируется в результате частых низовых пожаров. В этом случае кустарники и подрост сгорают, остаются только взрослые деревья с пироженными дуплами. Эти деревья погибают, но медленно. Такое редколесье может просуществовать около 10 лет даже при условии ежегодных пожаров. Однако прогноз развития ситуации в этом случае однозначный – полное устранение лесных фитоценозов. Первоначально эта пиротравма может появиться в сообществах со слабо развитым травяным покровом, но хорошо сохранившейся подстилкой и обильным опадом. Такое состояние способствует развитию устойчивых низовых пожаров, в наибольшей степени повреждающих прикорневую часть ствола. Дальнейшая пироженная деградация лесных сообществ приводит к замене подстилки на травяной покров с большим участием злаков. Это способствует переходу регулярных низовых устойчивых пожаров в преимущественно беглые. Всё это развивает дупловую пиротравму по стволу вверх и/или вширь. В результате ствол полностью разрушается изнутри или прогорает насквозь.

4. Пиротравма ствола, приводящая к его излому. Это влечёт за собой падение дерева. При этом дерево не всегда погибает. Какое-то время оно может продолжать расти в лежащем положении. При отсутствии последующего огневого воздействия возможно такое существование дерева неопределённо длительный срок. Но чаще всего столь радикальная пиротравма ведёт к быстрой гибели дерева.

5. Пиротравмы корней. Они делятся на 2 части – подземного и наземного генезиса. Подземные пиротравмы могут возникнуть от торфяных или от низовых устойчивых пожаров. Увидеть повреждения корней при торфяных пожарах можно только после того, как дерево погибнет и упадёт. При выходе огня на поверхность может погибнуть дерево, не имеющее никаких других повреждений, кроме сгоревших корней. Однако в этом случае выгорает и вся органика вокруг дерева. При устойчивых низовых пожарах, возникающих в условиях наличия почвы с большим количеством органики, а также толстого слоя подстилки и опада, повреждаются корни, расположенные у поверхности земли. После полного выгорания подстилки и опада пиротравмы корней обнажаются и становятся пироиндексатором, свидетельствующем о пожарном режиме регулярных низовых пожаров, происходящих не реже, чем один раз в 5 лет. В последствии пиротравмы

корней могут развиваться в пиротравмы нижней части стволов с образованием дупла.

6. Пиротравмы кроны. Распространены преимущественно в условиях, при которых невозможно развитие верхового пожара. К таковым относятся сильно изреженный лес, редколесье, одиночные деревья, пирогенные сообщества саванного типа, нижний ярус которых состоит высоких трав. При сильном ветре в этих условиях обычно развивается беглый низовой пожар с высоким пламенем. В силу этого стволы подвергаются меньшему температурному воздействию, чем крона. Это формирует ожоги кроны следующих вариантов: по центру вдоль ствола, по краю кроны снизу, с одного из краёв, по всему периметру кроны, кроме вершины. Чаще всего при одноразовом огневом воздействии эта пиротравма ослабляет дерево, но не ведёт к его гибели. Однако повреждение более половины кроны может привести к гибели дерева в последующие несколько месяцев после пожара или даже в следующем вегетационном периоде. Дерево, например, может усохнуть даже после активной вегетации в неповреждённой части кроны. Это происходит из-за того, что расход биомассы на дыхание сильно превышает темпы фотосинтеза. Индикаторное значение таких пиротравм очень велико. Наличие пиротравмы крон в данном фитоценозе говорит о разрежённости древостоя и развитости травостоя. Обычно такие сообщества формируются при длительно существующем пожарном режиме, сформированном низовыми пожарами, происходящими не реже одного раза в 2-3 года. Как правило, пиротравмы крон являются индикаторами завершающего этапа деградации леса.

7. Пиротравмы подроста. Если в составе данного фитоценоза есть подрост в возрасте старше 3 лет, это говорит о том, что межпожарные интервалы здесь делятся несколько лет. Чем тоньше ствол, тем меньше у дерева шансов выжить в условиях частых пожаров. Как правило, у деревьев с диаметром ствола менее 10 см возможны только опаления коры и повреждение её до обнажения древесины. Дуплистость у таких деревьев не развивается. Пиротравмы подроста могут иметь индикаторное значение только при анализе других пирогенных и биоценологических индикаторов данного фитоценоза.

8. Пиротравмы кустарников. При устойчивых низовых пожарах с высокой температурой горения стволы диаметром менее 10 см сгорают. Это означает, что пиротравмы у кустарников практически отсутствуют. Однако при высоком уровне мозаичности пирогенно трансформированных биоценозов возможно опаление стволов крупных кустарников. Рассматривать кустарники как индикатор пожарного режима можно только при анализе видового состава и ярусной структуры фитоценозов. При регулярных пожарах лесные сообщества осветляются, а в нижних ярусах развивается подрост быстрорастущих деревьев. Кроме того, осветление леса даёт возможность формироваться ярусам из кустарников многолетних трав с развитыми корневищами.

Здесь перечислены варианты пиротравм древесных видов растений. Каждый из них содержит информацию о давности и характере пожара. Однако их индикаторная функция может быть оценена в полной мере только при комплексном анализе всех пирознаков, обнаруженных в данном фитоценозе.

Пиротравмы травянистых растений

Поскольку трава является главным горючим материалом, говорить об индикаторных свойствах пиротравм травянистых растений в принципе не приходится. Однако всё же не все травы при пожарах сгорают полностью, поэтому некоторые формы обгораний можно рассматривать в качестве специфических индикаторов пирогенного воздействия.

Ранней весной, когда беглый низовой пожар не развивает высокой температуры, проростки травы опаляются, но не теряют способности к дальнейшему росту. Такая пиротравма заметно снижает рост и конкурентоспособность особи. Визуально в первые несколько дней после пожара пиротравма травы проявляется в виде отмёрших и обугленных верхушек побегов и листьев. После того, как трава заново отрастёт после опаления, этот пирознак исчезает как информационная единица. Индикаторная функция таких пиротравм состоит в том, что по ним можно определить характеристики пожара этого года, а также степень прогорания почвы и напочвенного слоя.

Наиболее высокой индикаторной ценностью обладают пиротравмы одновидовых сообществ компактной формы самоорганизации. Сюда относятся главным образом злаки и осоки, образующие куст или кочку, а также все растения, захватывающие территорию с помощью корневой системы.

Кусты и кочки, формируемые осоками и злаками, повышают жизнеспособность вида в экстремальных условиях недостатка или избытка влаги. Пирогенный фактор создаёт или усиливает экстремальность условий произрастания. При частых регулярных пожарах уменьшается доля семенного возобновления и усиливается доля корневищного. При регулярных пожарах происходит замена видов трав, размножающихся преимущественно или исключительно семенами, на те виды, которые могут сочетать семенное и корневищное распространение. В результате увеличивается горимость нарушенных фитоценозов, что ещё больше увеличивает степень давления пирогенного фактора. В результате могут сформироваться сообщества с абсолютным доминированием корневищных трав. Растения, имеющие луковички, активизируются при осветлении леса, но постепенно исчезают при устранении подстилки и деградации почвы.

Пирогенная трансформация биоценоза до стадии преобладания злаков и осок переводит все пожары преимущественно или исключительно в беглые низовые, которые отличаются высоким пламенем и низкой температурой прогорания приземных и почвенных слоев, особенно при ранневесенних палах. Всё это приводит к снижению обилия травостоя и формированию

пустоши. В этих условиях кустистость является основной формой выживания и способом доминирования травянистых видов.

Для того, чтобы оценить индикаторную значимость пиротравм травы, необходимо определить сукцессионное состояние фитоценоза. Дело в том, что на разных стадиях пирогенной деградации фитоценоза пиротравмы, например, осоковых кочек могут свидетельствовать о разных пожарных режимах.

Злаки и осоки, захватывая территорию с помощью корневищ, могут образовывать компактный куст или окружность круга, внутри которого могут совсем отсутствовать растения. Такие объединения позволяют формировать специфические микроусловия, усиливающие конкурентоспособность вида. В масштабах фитоценоза такие объединения формируют страты. В результате образуются пространственные структуры, в которых каждый куст не связан с другим себе подобным в единое целое с помощью переплетений корневищ. Это определяет характер прохождения огня (преимущественно низовые беглые пожары) и пиротравм. Последние приобретают облик пиротравмы куста, а не побега. Быстро распространяющийся огонь часто затрагивает только побеги и листья, расположенные по краю куста, но не травмирует или почти не травмирует внутренние. В зависимости от направления огня, куст травмируется по периметру или только с одного края. Ранневесенние палы при ещё не замёрзшей почве усиливают неоднородность обгорания. Пожары при устоявшейся тёплой погоде, когда верхний слой почвы оттаял, а травяной покров высох, способствуют формированию пиротравмы куста по всему периметру.

Таким образом, полностью сгоревшие кусты трав свидетельствуют о том, что здесь прошёл низовой устойчивый пожар. Обгорание таких кустов с одного края или по периметру свидетельствует о беглом низовом пожаре, возможно, при сильном ветре и низкой температуре.

На поздних стадиях пирогенной деградации фитоценоза видовой состав растений снижается до минимума. В результате наблюдается доминирование 1-2 видов. При ежегодных пожарах, происходящих много лет подряд, образуется пустошь, то есть крайне обеднённые и разрежённые травяные сообщества. В этих условиях и образуются обычно пиротравмы кустистых трав с опалением сбоку или по периметру.

Осоковые кочки – это своеобразная форма образования куста. Только разрастается этот куст не по горизонтали, а по вертикали. Такая стратегия позволяет растениям доминировать в условиях постоянного переувлажнения и наличия многолетней мерзлоты.

В естественном состоянии кочковые болота являются переходной стадией от болота к лесу или тундре. При отсутствии разрушающего фактора (а это преимущественно пожары) кочки могут вырастать до 150 см и даже более. По мере роста отмирающие листья, побеги и корни перегнивают, образуя гумус, поэтому на таком островке почвы могут расти не только травы и кустарнички, но и деревья.

При пожарах болотная кочка гибнет не сразу, поэтому её пиротравмы имеют большую информационную ёмкость. Их можно разделить на следующие категории.

1. Полное обгорание со всех сторон и существенное уменьшение в размерах. Такое обгорание свидетельствует о том, что недавно (с точностью до 2 лет) здесь прошёл низовой устойчивый пожар при умеренном ветре. Отсутствие сухих листьев травы по периметру кочки свидетельствует о прохождении пожара осенью или весной, то есть в межвегетационный период. Обычно такие пожары происходят в тот период, когда в межкочковых пространствах отсутствует вода, препятствующая распространению огня. Такое состояние может сформироваться при длительной засухе, бесснежной весне (можно приравнять к засухе), пирогенной деградация леса (начало процесса вторичного заболачивания). Кроме того, сильно обгорать могут кочки, на которых как на островке с хорошими почвенными условиями растут не только травы, но и древесные виды. Частые пожары приводят к уменьшению размеров кочек как по вертикали, так и по горизонтали, снижению их биоразнообразия с возвратом к доминированию осоки и усилению заболачивания.

2. Обгорание только верхней части кочки. Такая пиротравма формируется при низовых беглых пожарах в ветренную погоду, когда болота поджигаются сразу после схода снега, но при отрицательных температурах. В такой ситуации небольшие пространства между кочками обычно находятся подо льдом, поэтому вода не является препятствием для распространения огня. Такие макушечные опаления возможны также в том случае, если межкочковое пространство занято другими растениями, например, злаками. Сильный ветер, замерзшая вода и наличие высоких злаков на кочках и между ними создают ситуацию быстрого и поверхностного распространения пламени. Опаление верхней части кочки приводит к пиротравмам прежде всего ростков осоки, а позже – и злаков. Кочка не только уменьшается в размерах, но и приобретает «плосковершинную» форму, снижает свою биопродуктивность и возможность прорастания на ней широколиственных трав, бобовых и древесных растений. При такой трансформации возможнохождение вторичного пожара через короткий промежуток времени (около месяца), когда межкочковое пространство прогреется и станет возможен устойчивый низовой пожар, который может привести к обгоранию кочки со всех сторон. В этом случае пиротравмы несут в себе уже другую информацию. Например, кочки при повторном пожаре могут вторично обгореть по периметру или только с одной стороны.

3. Сильное обгорание кочки с одной стороны. Однобокость обгорания кочки связана либо с накоплением в этом месте большого количества органики, что создаёт условие для формирования устойчивого низового пожара в безветрие, либо с развитием беглого пожара в сильный ветер. В обоих случаях такие пожары развиваются только при высыхании всего горючего материала и отсутствии воды в межкочковом пространстве.

Таким образом, пиротравмы кочек содержат информацию о характере пожаров, частоте их возникновения и сукцессионном состоянии биоценоза.

Косвенные признаки воздействия пирогенного фактора

Их можно разделить на две части – аномалии состояния растений и видовой состав фитоценоза.

Аномалии связаны прежде всего, с разовыми или регулярными пиротравмами. Кроме того, трансформация органов растений может быть обусловлена экстремальными для данного вида условиями среды, вызванными пирогенным фактором.

Кустарниковые формы деревьев

Развитие куста вместо единого древесного ствола обычного происходит при регулярном огневом воздействии на молодое дерево. Существование деревьев в кустарниковой форме нельзя относить к приспособительной реакции вида на огневое воздействие. Таких приспособлений в принципе не существует. Есть лишь возможности вида, позволяющие ему какое-то время существовать в условиях регулярного или одноразового пирогенного воздействия.

Способность к восстановлению после травмы полностью отсутствует у хвойных видов. Исключением из этого правила можно считать только лиственницу. Однако и она в своей способности восстанавливаться или развивать кустарниковую форму существенно уступает лиственным видам.

В наибольшей степени способность существовать в кустарниковой форме при регулярных пожарах выражена у рода *Quercus*. Это связано с тем, что дубы способны быстро в первый сезон своей жизни отращивать большой корень. Любое повреждение ростка в это время приводит к отращиванию побега на следующий сезон. Если пожары происходят с периодичностью, например, раз в 5 лет, может вырасти дуб в виде дерева. Однако первоначальная травма уже не позволит развиваться большому дереву, живущему много сотен лет. Тысячелетние дубы – это деревья, которым повезло начать своё развитие без травм в раннем возрасте. После того, как такое дерево сумеет развить ствол в диаметре около 30-50 см, оно способно выдерживать повреждения коры любого генезиса. Главное, чтобы не образовалась пиротравма, повлекшая за собой развитие дупла.

Можно выделить два состояния дубов, перенёсших пиротравмы в молодом возрасте. Это тонкие и ослабленные, но всё же способные достичь половозрелого возраста и дубы-кустарники.

Таким образом, например, дуб монгольский, произрастающий на Дальнем Востоке, существует в трёх формах: большие взрослые деревья, достигающие возраста около 500 лет и диаметра ствола более 150 см, пирогенно трансформированные тонкоствольные и низкорослые деревья, способные плодоносить, и кустарники, отрастающие от корня при регулярных

огневых воздействиях. В последнем случае плодоношения не происходит, а возобновление дубовых зарослей происходит только от корня или при распространении желудей от сохранившихся взрослых деревьев.

Из этого следует вывод, о том, что форма состояния дуба, представленная на данной территории, несёт в себе функцию индикатора пожарного режима. Лес, состоящий преимущественно или исключительно из тонкоствольных, но половозрелых дубов, обычно формируется в условиях пожарного режима низовых устойчивых, а чаще беглых пожаров, происходящих с интервалом от 3 до 5 лет на протяжении не менее 10 лет. Переход на режим ежегодных пожаров приводит к формированию кустарниковых или травянистых фитоценозов.

При пожарах, происходящих с периодичностью в 1-2 года на протяжении около 10 лет, может формироваться исключительно кустарниковое сообщество. Видовой состав кустарников зависит от того, какие виды произрастали на территории до начала формирования столь экстремального пожарного режима. Существовать длительное время в кустарниковой форме могут, кроме дуба, некоторые виды берёз и клёнов, маакия амурская, почти все виды ив.

В формировании кустарниковых сообществ пирогенного генезиса принимают участие, например, лещины, спиреи, леспедызы. Они могут доминировать как в условиях частых регулярных пожаров, так и при единичном низовом беглом пожаре на инсолированном склоне при сильном ветре. Формирование таких сообществ возможно даже после верхового пожара, если он произошёл в смешанном хвойно-широколиственном лесу.

Таким образом, индикаторные свойства кустарниковых сообществ пирогенного генезиса могут свидетельствовать о двух типах пожарных режимов. Частые пожары, происходящие на протяжении большого временного интервала, формируют видовой состав из кустарниковой формы деревьев, а также низкорослых кустарников, способных восстановить побеги за один сезон (например, леспедеза).

Заросли высоких кустарников формируются преимущественно после не пожаров с межпожарным интервалом не менее 5 лет. Кроме того, такое сообщество может сформироваться и после двух видов пожаров – верхового и низового с высоким пламенем. Характерные для этого случая сообщества описаны автором в Приамурье. На западном склоне сопки высотой около 400 м были обнаружены заросли лещины, достигшей высоты 2,5 м. Это моновидовое сообщество сформировалось после нескольких беглых низовых пожаров с высоким пламенем (межпожарные интервалы 3-4 года, продолжительность пожарного режима – около 10 лет). Поскольку на месте хвойно-широколиственного леса почва была достаточно плодородной, лещина смогла разрастись до гигантских для этого вида размеров. Сомкнутый полог обеспечил сильное затенение почвы, что явилось препятствием развития деревьев.

Пирогенные патологии развития растений

Аномалии развития

Пожары воздействуют на растения прямо и опосредованно. Прямое воздействие заключается в нанесении растению пиротравмы. Опосредованные воздействия можно разделить на две части. Это изменение условий среды и межвидовых взаимодействий.

Если унифицировать характер воздействие пожаров на среду, то следует говорить, прежде всего о снижении уровня стабильности влажностно-температурного режима. Существенное значение имеет устранение опада и, особенно, подстилки. Не будем в данном случае рассматривать уничтожение организмов, живущих в подстилке и в верхних слоях почвы. Такое пренебрежение обусловлено не их незначительной ролью в формировании фитоценозов, жизни растений и развитии экосистем. Роль этих организмов крайне велика, прежде всего, для всей экосистемы. Однако для растений, а особенно для деревьев, большое значение имеет, прежде всего, влажностно-температурный режим, сложившийся в припочвенной части фитоценоза и в верхних слоях почвы.

Напочвенный слой, слагающийся из опада и подстилки, выполняет четыре экологические функции. Он является:

- поставщиком гумуса;
- средой обитания мелких организмов (хищники, разрыхлители почвы, потребители мёртвой органики и т.п.);
- губкой, длительное время сохраняющей в себе влагу;
- слоем, снижающим перепады температуры между атмосферной и почвенной частями экосистем.

При частых низовых пожарах подстилка как функциональная часть экосистемы прекращает своё существование. В результате для многолетних растений, выросших в комфортных для себя условиях, формируется экстремальный влажностно-температурный режим. Чаще всего он проявляется в снижении количества доступной влаги. Обнажённая почва быстро высыхает, а при обильных дождях вода быстро стекает в водоёмы. Перепады температуры, свойственные для климатических зон с длительной и суровой зимой, напрямую сказываются на температуре почвы, в результате чего осенью корни растений быстро промерзают, а весной теряют защиту от поздних заморозков.

Столь экстремальные условия приводят к тому, что появляются необычные для данного вида низкорослые виды с мелкими листьями. Например, автором был обнаружен барбарис амурский во взрослом возрасте, имевший высоту 90 см (норма около 3 метров), с листьями, не достигавшими 3 см (норма 12 см) и шипами длиной около 1 см (норма 3 см).

Необычная аномалия была выявлена и у древовидных лиан. В результате верхового пожара была уничтожена часть смешанного хвойно-широколиственного леса. Огонь дошел до гребня водораздельного хребта, полностью уничтожив лес как явление. Последующие низовые пожары, происходившие на этой территории с периодичностью раз в 2-3 года, сводили на нет возможность восстановления не только леса, но и любых древовидных

растений. Островки уцелевшего леса, располагались в лощинах и по другую сторону водораздела. На границах этих островков пытались расти деревья, кустарники и лианы. В нелесном фитоценозе могли расти только актинидия коломикта и лимонник китайский. Однако они приобрели форму кустарников, а иногда и низкорослых деревьев. Причём лимонник не вырастал выше 1 м, а актинидия наоборот – формировала почти дерево ростом до 3 м.

Были выявлены также случаи торможения роста дерева и длительное сохранение ювенильных признаков. Например, у вяза японского на ранней стадии развития побеги имеют пробковые выросты. У взрослого растения эти выросты полностью отсутствуют даже у молодых побегов. Частые пиротравмы и экстремальные условия среды (в том числе снижение плодородия почвы за счёт выгорания подстилки и верхней части почвы) приводят к тому, что растение не только замедляет рост, но и не проходит полный онтогенетический цикл. Если такое хронически ювенильное дерево не получает смертельных пиротравм, оно может долго существовать в этой стадии.

Таким образом, карликовость, изменение жизненной формы, длительное существование в ювенильной стадии развития – всё это признаки адаптации к меняющимся условиям среды пирогенного генезиса. Наличие таких патологий свидетельствует о том, что на данный фитоценоз длительное время оказывается пирогенное воздействие в виде регулярных низовых пожаров. Верховые пожары без последующих низовых меняют на какое-то время условия среды и видовой состав, но при восстановлении фитоценозов подобные патологии не наблюдаются.

Гигантизм

Этот термин может рассматриваться в двух вариантах. На уровне индивидуума – это растение, достигшее величин, существенно превышающих среднестатистические размеры особей данного вида. На уровне пропорций органов и частей растений – это необычно большие размеры чаще всего побегов и листьев.

Гигантизм отдельных растений выполняет индикаторные функции, но свидетельствует скорее о том, что растение развивается в благоприятных условиях среды при отсутствии травмирующего воздействия любого генезиса. Например, дуб монгольский в условиях частых низовых пожаров способен достигать в высоту не более 15 м при диаметре ствола не более 50 см. В тоже время в смешанных лесах при отсутствии пожаров как лимитирующего фактора (межпожарный интервал низовых пожаров не менее 20 лет) этот вид достигает высоты до 30 м при диаметре ствола свыше 1 м. Аналогичная ситуация и с другими деревьями – берёзами, липами, тополями.

К категории гигантизма как отклонения от нормы можно относить трансформацию некоторых видов кустарников в хорошо развитое дерево. Например, автору удалось обнаружить барбарис амурский в виде дерева высотой около 15 м при диаметре единственного ствола в 17 см. Аналогичное состояние наблюдалось и у свободнойгодника колючего (элеутерококк). Оба дерева сформировались на плодородной почве в условиях смешанного леса с

преобладанием листовенных видов. При анализе пирознаков был сделан вывод о пожарном режиме редких (межпожарные интервалы не чаще 15 лет) низовых пожаров.

Гигантизм пирогенного генезиса характерен только для отдельных частей растения и только при однократном или очень редком повреждении огнём основных побегов. Например, автором выявлены побеги с гигантскими относительно нормы листьями у актинидии коломикта, клёна зеленокорого, лещины разнолистной. Такой гигантизм выполняет компенсаторную функцию. За счёт больших листовых пластинок увеличивается интенсивность фотосинтеза и, следовательно, биопродуктивность. Если пожаров нет на протяжении последующих 2-3 лет, физиологические процессы повреждённого растения нормализуются, что способствует и нормализации морфологических признаков. При частых пожарах (с интервалом в 1-2 года) растение или гибнет, или минимизирует свои размеры.

Таким образом, гигантизм – это показатель того, что растение находится в благоприятных условиях, а пирогенный фактор носит характер редкого, часто косвенного, воздействия.

Биоценотические индикаторы

К этой категории относятся такие показатели, как видовой состав и структура фитоценоза. При анализе этих индикаторов автор исходит из принципа некорректности выражения пироадаптации. К действию огня живые организмы приспособиться не могут. И уж тем более некорректным является термин пирофильность, особенно применительно к фитоценозам. В переводе с древнегреческого слово «филия» означает дружественное отношение к некоему объекту. Живая материя и огонь – это несовместимые противоположности. Не может быть организмов, способных существовать при температуре огня. Температура воспламенения составляет 300 градусов и более. Горение органики осуществляется при температуре около 1000 градусов, а порой и большей. Денатурация белка начинается с 50 градусов. Так что о любви и дружбе здесь говорить не приходится.

Исходя из данных принципов, виды-индикаторы пожарного режима следует делить не по категориям пирофильности, а по категориям пиротолерантности. Под пиротолерантностью понимается способность вида выживать, то есть проходить все стадии онтогенеза, и заполнять ниши в условиях постоянного давления пирогенного фактора. Это не физиологическая или морфологическая адаптация, а свойства, позволяющие виду сохранять за собой экологическую нишу в условиях давления пирогенного фактора в данном пожарном режиме.

Предельно допустимая пирогенная нагрузка (ПДПН) существует не только для фитоценоза, но и для каждого вида. Изменение пожарного режима, в котором данный вид умудряется удерживать экологическую нишу, может привести к резкой или постепенной элиминации вида из состава фитоценоза или ландшафта. Для некоторых видов изменение ПДПН может повлечь за

собой вымирание, то есть исчезновение из биосферы. Кроме того, существует ещё и эффект накопления, когда набор видов меняется и при давно существующем пожарном режиме. Обычно это происходит в том случае, если на территории формируется режим частых пожаров. При длительном существовании такого режима смена видов происходит из-за развития старых и появления новых пиротравм, а также из-за изменения условий среды.

Особенностью развития фитоценозов в условиях частых низовых пожаров является слабая выраженность конкуренции. В этом случае почти для всех видов лимитирующим фактором становятся пожары, которые благодаря человеку могут происходить даже в режиме переувлажнения.

В различных климатических условиях набор видов, свидетельствующих о пожарном режиме, может быть разным, однако все виды можно разделить на следующие категории по степеням пиротолерантности.

Низкая. Это практически нулевая пиротолерантность, поскольку к этой категории относятся виды, исчезающие из биоты при любых пожарах, происходящих чаще, чем раз в 20-30 лет. Сюда можно отнести все виды хвойных растений, за исключением лиственницы (*Larix sp*), которая, обладая общей высокой толерантностью, способна не только присутствовать как вид, но и даже доминировать в условиях длительно существующего пожарного режима с межпожарными интервалами в 5-10 лет.

К нулевой пиротолерантности можно отнести все виды сосен, особенно кедровых. Среди работников лесного хозяйства распространено мнение о том, что пожары полезны для сосны обыкновенной. Такое представление основано на том, что после верховых пожаров сосна заполняет ниши и, соответственно, территории, которые до пожара были заняты темнохвойными видами. При массовой гибели темнохвойных видов устраняется их конкурентное давление, а также меняется влажностно-температурный режим, что позволяет соснам временно занять свободные ниши. Однако сосны, особенно в стадии подроста, так же, как и темнохвойные виды, не выносит частых низовых пожаров и полностью сгорают при верховых.

Низкой пиротолерантностью обладают и узкоспециализированные виды, произрастающие в нижних ярусах влажных ельников, на моховом покрове низинных лиственничников, в затенённых участках кедрово-широколиственного леса. Даже с самыми слабыми пожарами устраняется субстрат их укоренения (подстилка или мох) и благоприятные микроусловия произрастания. К таким видам в условиях хвойных и смешанных лесов можно, например, отнести кислицу и линнею северную (*Linnaea borealis L.*).

Таким образом, растения, обладающие низкой пиротолерантностью, как правило, входят в состав климаксовых сообществ, и являются индикаторами слабого пирогенного воздействия и способности экосистем к резистентной устойчивости. Наличие этих видов в фитоценозе означает практическое отсутствие пирогенного фактора как сукцессионно значимого явления.

Все растения, обладающие низкой пиротолерантностью, могут существовать в пожарном режиме, основными характеристиками которого являются небольшие территориальные масштабы и длительные межпожарные

интервалы. Редкие пожары позволяют фитоценозам не потерять виды климаксовых и предклимаксовых стадий и восстановить нормальные межвидовые пропорции. Это происходит за счёт высокого уровня мозаичности среды и видовых сообществ, а также за счёт уцелевших взрослых растений верхнего яруса. Например, для климаксовых сообществ темнохвойных лесов ПДПН может иметь следующие характеристики: верховые пожары с межпожарными интервалами в 150-200 лет и более на небольшой территории с сохранением мозаики уцелевших климаксовых фитоценозов; фрагментарные низовые устойчивые или низовые беглые с низким пламенем пожары с межпожарным интервалом в 20-30 и более лет.

В смешанных хвойно-широколиственных лесах к нулевой пиротолерантности можно отнести виды неморальной флоры. Несмотря на то, что эти виды растут быстро, а на взрослых стадиях онтогенеза могут выдерживать травмирующее воздействие огня без повреждения древесины и образования дупла, они чувствительны к изменениям экологической среды. Эта чувствительность приводит к их быстрой элиминации при изменении ПДПН. К таким видам, например, можно отнести орех маньчжурский (*Juglans mandshurica* Maxim.), аралию высокую (*Aralia elata* (Mig.) Seem.), клён зеленокорый (*Acer tegmentosum* Maxim.).

Средняя. К этой категории относятся древесные виды, формирующие длительно существующие пирогенно-производные сообщества за счёт быстрого роста и способности к возобновлению порослью. К данной степени пиротолерантности могут относиться некоторые виды, формирующие климаксовые сообщества. Особенно это касается фитоценозов, слагающихся из видов неморальной флоры. На этом свойстве основано формирование пирогенных сообществ из лип (*Tilia sp*), берёзы жёлтой (*Betula costata* Trautv.), лиственниц, берёзы даурской (*Betula davurica* Pall.), клёна жёлтого (*Acer ukurunduense* Trautv. Et Mey.), ильма японского (*Ulmus japonica* (Rehd.) Sarg.). Однако участие таких видов в сложении пирогенно трансформированных фитоценозов различно. Это связано с тем, что виды выполняют разные биоценотические функции и в условиях отсутствия пирогенного фактора. Виды средней пиротолерантности часто формируют фитоценозы с видовым монодоминированием, что зависит не только от особенностей пирогенного фактора, но и от специфики биотопической приуроченности. Например, берёза жёлтая в окружении темнохвойных и темнохвойно-широколиственных сообществ формирует монодоминантные сообщества, которые и являются первой стадией пирогенной деградации климаксовых фитоценозов с доминированием темнохвойных видов. При ослаблении пирогенного фактора темнохвойные виды в желтоберезняках быстро восстанавливаются до монополюсного доминирования. Клён жёлтый выполняет функцию, аналогичную берёзе жёлтой, но растёт быстрее, а также способен образовывать кустарниковую форму, особенно на северной границе своего ареала. В отличие от берёзы жёлтой, он быстро заполняет ниши, освобожденные при пирогенной элиминации темнохвойных видов, особенно после верхового пожара, и формирует временные сообщества, в которые при

длящимся пироге́нным воздействию проникают виды с иной пиротолерантностью. При этом, фитоценозы темнохвойно-широколиственного экотона, формирующиеся из видов со средней степенью пиротолерантности, не теряют своей закрытости, препятствуя проникновению эксплерентов.

К этой категории можно отнести все древовидные лианы, высокие кустарники, формирующие в смешанном или лиственном лесу нижние ярусы и окна. При осветлении леса любого генезиса лианы образуют густые заросли. Эти заросли задерживают развитие подроста, но они же не позволяют развиваться травяному покрову. Отсутствие сплошного травяного покрова, является препятствием распространения низовых пожаров. В результате послепожарное возобновление происходит быстрее.

Таким образом, виды средней степени пиротолерантности могут в отсутствие пироге́нного фактора формировать предклимаксовые и, иногда, климаксные сообщества. Главным их отличительным признаком является быстрый рост и широкий диапазон приспособительных реакций, что позволяет этим видам пройти весь свой онтогенез в условиях редких низовых пожаров.

Высокая. Виды, обладающие высокой пиротолерантностью, входят в состав фитоценозов, длительное время находящихся под воздействием низовых пожаров, происходящих с интервалами в 5-10 лет. Такой пожарный режим производит отбор видов, способных существовать не только в условиях частого огневого воздействия, но и в экстремальных условиях экологической среды. При частом огневом воздействии устраняется подстилка как средообразующий элемент, затрудняется почвообразование, влажностно-температурный режим в верхних слоях почвы становится контрастным, зависящим от колебаний температуры в припочвенных слоях атмосферы. Поскольку в почве формируется дефицит азота, увеличивается конкурентоспособность бобовых растений. Большинство видов этого семейства обладают способностью к быстрому росту, следовательно, способны в короткие сроки восстанавливаться после пироге́нного воздействия. Однако доминирование бобовых связано преимущественно с элиминацией видов с низкой и средней пиротолерантностью.

На Дальнем Востоке существуют пироге́нные сообщества, состоящие из двух ярусов. Верхний формируется дубом монгольским (часто в виде редколесий), нижний – видами рода леспедеца (*Lespedeza*). Дуб способен долго расти в условиях пиротравм, а леспедеца после очередного пожара быстро отрастает от корня. При длительном существовании такого режима деревья элиминируют, что ведёт к образованию кустарниковых леспедцевых сообществ. Дальнейшее развитие сообществ при ежегодных пожарах в течение 7-10 лет приводит к исчезновению и кустарников. Какое-то время в таком пожарном режиме могут существовать бобовые травы, однако они в конце концов вытесняются злаками и осоками.

Кроме того, высокой степенью пиротолерантности обладают почти все виды берёз, тополь дрожащий (*Populus tremula* L.), лиственницы, ивы, малина,

шиповник, полынь, лабазник дланевидный (*Fillipendula palmata* (Pall.) Maxim) и т.д.

Исключительная. К этой категории относятся виды, способные существовать в условиях ежегодных пожаров, происходящих на протяжении десятилетий. Из всего небольшого списка таких видов наибольшей пиротолерантностью обладают злаки и осоки, образующие куст и кочки. Продуктом ежегодных пожаров являются, например, вейниковые луга, развивающиеся в климатических условиях, позволяющих формироваться лесным фитоценозам. Эти луга обладают исключительно высокой способностью к возгоранию (способны гореть уже спустя два часа после дождя). При ежегодных выжиганиях в вейниковых сообществах слой ветоши на почве не образуется, поэтому огонь идёт «по верху», сжигая стебли, листья и метёлки. В этих условиях вейник не только способен быстро возобновляться от корня и достигать стадии созревания семян, но и формировать моновидовые сообщества за счёт подавления возобновления видов с меньшей пиротолерантностью.

Проблема пирогенной индикации в этом случае состоит в том, что огонь практически не оставляет следов. О том, что здесь был пожар, можно судить только по отсутствию сухой травы весной (если пожар был, например, осенью). Обугленные останки травы сохраняются только до следующей вегетации. К середине лета вся информация о пирогенном прошлом теряется. При длительном существовании таких лугов не формируются угли и, соответственно, они не отлагаются в почве. Это означает, что в пирогенных злаковых сообществах для наблюдателя доступна только информация о пожаре, произошедшем до следующего сезона вегетации.

Доминирование осок в условиях ежегодных пожаров основано на их способности быстро возобновляться от корня и подавлять рост других видов за счёт формирования мощного дернового слоя, то есть за счёт конкуренции корней. Особенно это относится к осоке Шмидта, образующей кочку, которая долгое время может существовать в условиях постоянного опаления. Ежегодные пожары в кочковых болотах способствуют развитию разнонаправленных процессов. Если выжигаются болота, находящиеся на завершающей стадии сукцессионного развития, то есть на стадии перехода от болота к лесу, осоковые кочки в результате частых пиротравм и иссушения погибают, а на их месте могут развиваться различные варианты злаковых сообществ. На более ранних стадиях формирования кочковых болот уменьшаются запасы мёртвой органики, увеличивается заболоченность, в результате чего ослабляется частота и сила повреждений кочек огнём, что способствует не только доминированию осок, но и их монополизации. Как описано выше, осоковые кочки хорошо сохраняют следы пожаров, поэтому являются информационно ёмким индикатором пожарного режима.

Степени пиротолерантности согласуются с длительностью жизни отдельных поколений видов, формирующих фитоценоз. Чем короче жизненный цикл преобладающих видов, тем, как правило, выше степень пиротолерантности видов. Отнесение вида к степени пиротолерантности

означает, что этот вид присутствует в данном сообществе под пирогенным прессом на пределе своих возможностей, а при усилении пирогенного давления он исчезает из состава данного фитоценоза. Например, дуб монгольский может присутствовать в фитоценозах, состоящих из видов всех степеней пиротолерантности, кроме исключительного, а леспедеца может присутствовать во всех климаксовых сообществах как опушечный вид, хотя относится к категории высокой степени пиротолерантности, поскольку способна доминировать в условиях ПДПВ пожаров, происходящих с интервалами от 1 до 5 лет. Исходя из этой логики, вейник Лангсдорфа должен присутствовать в фитоценозах, находящихся под прессом всех пожарных режимов. Однако он присутствует только в омоложенных экосистемах и практически отсутствует в климаксовых, что связано не столько с уровнем пиротолерантности, сколько с действием фитогенных полей эдификаторов.

Использование принципа разделения видов по степени пиротолерантности при определении пожарного режима требует от эксперта определенной осведомленности о способности видов переносить пиротравмы и трансформацию среды. Эти требования к квалификации эксперта снижают возможность применения данного способа оценки. Однако в этом случае можно порекомендовать упрощенный вариант подхода к оценке – если недостаточно информации для разделения видов по степени пиротолерантности, можно основывать анализ видового состава по признаку участия вида в сукцессионной динамике данного фитоценоза.

Если анализу подвергается лесной фитоценоз, то за основу следует брать пиротравмы деревьев. Видовой состав и возраст большинства экземпляров этих видов – это информация, носящая характер уточнения и дополнения.

Относительные показатели

Этот раздел направлен на оценку состояния и перспектив развития лесных фитоценозов под давлением пирогенного фактора. Однако описанные методы оценки могут быть использованы для определения состояния и вектора развития фитоценозов, находящихся под давлением любых факторов. При оценке давления пирогенного фактора на развитие лесных экосистем сначала определяется величина этого давления (пожарный режим, давность последнего пожара) по описанным выше индикаторам, а затем определяется и перспектива развития сообщества с использованием описанных ниже относительных показателей.

Количество и диаметр стволов как индикаторные показатели

Данный метод оценки основан на том, что сумма массы вещества и эквивалентной ей энергии на входе и выходе системы должна быть величиной постоянной. Это условие устойчивости любой системы. Такое постоянство обеспечивается усилиями всех функциональных единиц экосистемы, организующих поток вещества и энергии, и, самое главное, накапливающих и удерживающих в системе вещество и энергию. Такое накопление увеличивает

ёмкость внутренней среды экосистемы и, соответственно, биоразнообразие, что, в свою очередь, увеличивает вариабельность реакций системы на возмущающие факторы.

Устойчивая экосистема адаптирована к постоянным внешним факторам воздействия благодаря тому, что стремится удержать в себе как можно больше вещества и энергии. Большое накопление означает меньшую зависимость от ресурсов среды. Достигается наиболее возможное накопление максимизацией ввода ресурсов из среды и минимизацией их расхода. В этом логический смысл сукцессионного развития, которое завершается в конечном итоге минимизацией ввода и расхода, что возможно при достижении максимального в данных условиях запаса биомассы и детрита, видовой закрытости и заполненности ниш.

Каждая экосистема, находящаяся в климаксовой стадии, ценна для биосферы тем, что накапливает определённое количество живой и мёртвой органики в соответствии с условиями среды. Эта ценность измеряется, прежде всего, количеством и состоянием органического вещества, произведённого на данной территории, и вовлечением элементов в биогеохимический круговорот. В естественных условиях биопродуктивность и запас биомассы стабилизируются и становятся индикаторами состояния экосистем в данных климатических условиях.

Главным «богатством» лесных экосистем являются вещество и энергия, накопленные в древесных стволах, подстилке и почве. Это капитал системы. Чем больше стволов, тем больше листьев, тем больше органики в почве и подстилке. Наиболее динамичным направлением, контролирующим перемещение вещества и энергии, является поток «листья-подстилка», наиболее инертным и запасающим, работающим на дальнюю перспективу экосистемы, – поток «стволы-почва». Оптимизация соотношения этих потоков обеспечивает максимальную трансформацию среды в интересах данной экосистемы и, соответственно, максимальную её устойчивость. Высокий уровень буферности климаксовых экосистем определяет их особую биосферную ценность.

Соответственно, чем больше масса накапливаемого органического вещества, тем больше энергии концентрируется в экосистеме, тем в меньшей степени экосистема зависит от внешней среды, а параметры и качество среды этих систем в наибольшей степени отличаются от климатической нормы. Максимальное накопление может происходить с помощью большого количества крупных долгоживущих организмов и/или большого количества детрита, который на суше сконцентрирован, преимущественно, в подстилке и почве (активная часть) или торфе (пассивная часть).

Каждая экосистема имеет не только свой набор видов, выполняющих различные функции, но формирует свои пропорции больших и малых организмов. Организмы малых размеров осуществляют быстрый перенос веществ и энергии, больших – длительную аккумуляцию. Преобладание организмов больших или малых размеров зависит от возможностей среды их содержать. Следовательно, преобладание организмов определённых размеров

является индикаторной характеристикой, позволяющей оценить состояние экосистемы и экологической среды.

Одним из эффектов пожаров в лесной зоне является общее измельчение особей. Этот эффект проявляется в абсолютных и относительных величинах стволов деревьев верхних ярусов. Для оценки состояния фитоценозов, развивающихся в определённом пожарном режиме, предлагается использовать следующие показатели:

1. Количество стволов на данной пробной площади в общей совокупности и по видам растений.
2. Средний диаметр стволов в общей совокупности и по видам.
3. Суммарный диаметр всех стволов в общей совокупности и по видам.
4. Количество стволов по видам в диапазоне диаметров: менее 10 см, от 11 до 29 см, от 30 до 50 см, более 50 см.

Выбор минимального размера ствола, достаточного для адекватной оценки состояния фитоценоза, зависит от степени тщательности исследований, то есть от позиции наблюдателя. Обычно достаточно взять за основу минимальный ствол с диаметром в 3-4 см.

Диаметр ствола – это косвенный показатель возраста дерева и его роли в формировании фитоценоза. Разделение стволов по категориям диаметров носит уточняющий индикаторный характер. Наличие, отсутствие и количество стволов разных видов деревьев позволяет делать выводы о направленности сукцессионного процесса. Наличие, отсутствие и характер пиротравм на стволах различных диаметров позволяет оценить участие пирогенного фактора в сукцессионной динамике фитоценоза.

Сукцессионные индексы как показатели вектора развития фитоценозов в разных пожарных режимах

Показатели заполненности площади данного фитоценоза стволами позволяют оценить роль деревьев в поддержании устойчивости биоценоза в данном пожарном режиме. Другую дополнительную информацию о векторе развития фитоценоза можно получить, используя следующие относительные величины.

1. Индекс сукцессионной зрелости. Это отношение суммарного диаметра всех деревьев видов-индикаторов поздних, то есть климаксовых или предклимаксовых сукцессионных стадий, к суммарному диаметру всех деревьев видов-индикаторов ранних сукцессионных стадий. Использование данного индекса для оценки эволюционного вектора экосистем зависит от выбора видов-индикаторов разных стадий сукцессионного развития. Например, в таёжной зоне видами – антиподами являются ель, пихта, сосна и берёза, осина, клён. Наиболее информативным индикатором пирогенной деградации является состояние травяного покрова, но поскольку в данном случае производится оценка перспектив развития с точки зрения состояния

деревьев, образующих верхний ярус фитоценоза, речь здесь будет вестись только о деревьях, принимающих участие в формировании этого яруса.

2. Индекс перспективного развития фитоценоза. Он определяется как отношение количества всех стволов пробной площади к их суммарному диаметру. Смысл этого индекса состоит в определении степени завершенности заполнения пространства деревьями и перспектив развития стволов как косвенного показателя возможности увеличения биопродуктивности.

3. Индекс участия вида в формировании фитоценоза. Он определяется как отношение суммарного диаметра всех стволов данного вида к суммарному диаметру всех стволов деревьев верхнего яруса на пробной площади.

4. Индекс перспективного развития вида. Это отношение количества стволов вида к суммарному диаметру стволов этого вида. Этот индекс является показателем перспектив динамики участия данного вида в сложении биомассы фитоценоза.

Таким образом, используя в качестве точки отсчёта индикаторные виды, формирующие фитоценозы разных сукцессионных стадий, а также диаметры и количество стволов, можно оценить состояние фитоценозов и перспективы их развития в условиях конкретных пожарных режимов. В зависимости от целей исследования, наблюдатель может использовать все описанные индексы, или только некоторые из них. Первые два индекса носят универсальный и наиболее информационно ёмкий характер. Третий и четвёртый индексы предназначены для того, чтобы уточнить роль конкретного вида в формировании верхнего яруса.

Примеры использования метода оценки пирогенного фактора

В качестве иллюстрации применения метода предлагается пример описания фитоценоза в условиях смешанного хвойно-широколиственного леса российской части Дальнего Востока в районе Среднего Приамурья. В силу экотонности характера видового сложения фитоценозов в качестве индикаторных видов климаксовой стадии необходимо принять как широколиственные, так и хвойные виды. В зависимости от микроусловий среды, климаксовая или предклимаксовая стадии формируются как исключительно хвойными видами (ель, пихта, кедр корейский), так и широколиственными (дуб монгольский, липы, клёны, ясень, орех маньчжурский). Кроме того, в горных условиях в состав климаксовых и предклимаксовых стадий входят берёзы (жёлтая и шерстистая), черёмуха Маака. При этом дуб монгольский рассматривается как индикатор поздних сукцессионных стадий только в том случае, если он не претерпел пирогенного воздействия на ранних стадиях своего онтогенеза.

За единицу пробной площади для описания лесного сообщества с сомкнутостью кроны более 20% была принята величина в 400 м². В районе работ по принципу типичных или необычных выделялись модельные участки, которые представляли склон горы с прилегающими низинными участками и вершиной, гребень или его часть, распадок или ущелье, изолированный участок равнины, водосборный участок ручья или небольшой речки. Основанием для выбора модельного участка являлась пирогенная ситуация и разнообразие биоценозов, находящихся на разной стадии пирогенной деградации. В зависимости от конкретной ситуации, на модельном участке закладывалось несколько пробных площадей с целью анализа сочетания характера пиротравм и сукцессионного состояния биоценоза в условиях низовых пожаров различной регулярности.

Размер и форма площадки незначительно варьировались в зависимости от ситуации. Количество площадок на модельном участке зависело от его сложности и размеров, и колебалось в интервале в среднем от 10 до 50. Чаще всего пробные площадки располагались в виде трансекты с интервалом от 10-20 до 100 м, но иногда ситуация требовала нелинейного расположения площадок. Все модельные участки можно разделить на две части: эталонные и оценочные. На первых пожарная ситуация и трансформация фитоценозов оценивались в течение пяти-семи лет, на вторых оценка ситуации осуществлялась без многолетнего мониторинга. В серии пирогенной деградации лесных биоценозов луга и болота рассматривались преимущественно как конечная стадия этой деградации, хотя в ряде случаев, например, в поймах рек или при естественном сукцессионном переходе старицы или озера в болото, они не могли относиться к этой категории, но попадали в поле зрения автора как удобная модель.

На пробных площадях фиксировались: видовой состав растительных сообществ по ярусам, сомкнутость верхнего полога, все видимые пиротравмы, экспозиция и крутизна склона. Кроме того, в описание входил анализ пирогенной ситуации территории, вмещающей в себя данное растительное сообщество. Под пирогенной ситуацией понимается информация, свидетельствующая о степени общей пирогенной трансформации фитоценозов, а также о наличии зон преднамеренного выжигания (например, сенокосов или пастбищ), проводников огня или изолирующих барьеров.

Здесь приведены только три варианта состояния фитоценозов. Для наглядности примеры располагаются в порядке от поздних сукцессионных стадий к ранним с учётом признаков присутствия пирогенного фактора.

Пример 1.

Таблица 1

Индикаторные параметры фитоценоза, формирующегося без влияния пирогенного фактора

Вид	Кол-во стволов	Суммарный D (см)	Индекс участия вида	Индекс перспективного развития видов	Прочие индексы
Кедр корейский	4	211	0,2	0,02	Индекс сукцессионной зрелости - (климаксовые индикаторы - ель аянская, пихта белокорая, кедр корейский, берёза жёлтая) - 2,9. Индекс перспективного развития фитоценоза - 0,051.
Ель аянская	2	15	0,01	0,13	
Липа	3	70	0,07	0,04	
Ясень маньчжурский	4	79	0,07	0,05	
Берёза жёлтая	1	35	0,03	0,03	
Пихта белокорая	35	531	0,5	0,07	
Клён зеленокорый	3	65	0,06	0,05	
Черёмуха Маака (<i>Padus maackii</i> (Rupr.) Kom.)	1	14	0,01	0,07	
Клён мелколистный	1	39	0,04	0,03	
	Всего: 54	Всего: 1059			

Пирознаки полностью отсутствуют. Это, а также толстый слой подстилки (5 см) и опада (3 см), свидетельствует о том, что пирогенный фактор не влияет на сукцессионный процесс развития фитоценоза, а смена видов связана с естественным самоомоложением в условиях экотона.

По количеству стволов и суммарному диаметру на данной площадке резко лидирует пихта белокорая. Средние позиции по суммарному диаметру занимают липы, ясень маньчжурский и клён зеленокорый. Однако, если для описания состояния фитоценоза применить индексы, то, согласно индексу участия вида, лидируют пихта белокорая, кедр корейский и ель аянская. При этом, индекс перспективного развития фитоценоза приобретает наибольшее значение у ели аянской, пихты белокорой и черёмухи Маака. Если объединить виды по группам, то у хвойных видов наблюдается существенное превышение индекса участия над индексом перспективного развития, в то время как у лиственных оба индекса почти равнозначны и низки по сравнению с хвойными.

Индекс сукцессионной зрелости равен 2,9. Это говорит о том, что данный фитоценоз находится на завершающем этапе формирования климаксовой сукцессионной стадии с полным доминированием темнохвойных видов и проникновением лиственных видов в окна и на опушке.

Пример №2

Таблица 2

Индикаторные параметры фитоценоза, формирующегося при слабом влиянии пирогенного фактора

Вид	Кол-во стволов	Суммарный D (см)	Индекс участия вида	Индекс перспективного развития видов	Прочие индексы
Кедр корейский	4	146	0,17	0,03	Индекс сукцессионной зрелости - (климаксовые индикаторы - ель аянская, кедр корейский, берёза жёлтая) - 0,41; Индекс перспективного развития фитоценоза - 0,039
Ель аянская	4	43	0,05	0,09	
Липа	8	400	0,48	0,02	
Ясень маньчжурский	10	124	0,15	0,08	
Берёза жёлтая	2	53	0,06	0,04	
Бархат амурский	1	23	0,03	0,04	
Трескун амурский (<i>Ligustrina amurensis</i> Rupr.)	2	17	0,02	0,12	
Вяз японский	1	27	0,03	0,04	
Клён мелколистный	1	5	0,01	0,2	
	Всего: 33	Всего: 838			

Пирознаки присутствуют только в виде пиротравм на стволах больших деревьев. При этом не зафиксировано прогорание до стадии дупла. Подстилка хорошо сформирована и не содержит информации о прошлых пожарах. Это, а также развитый подрост и подлесок, говорят о том, что данный фитоценоз подвергался пирогенному воздействию несколько десятков лет назад, что позволило сформироваться подросту, в том числе хвойному. Это позволяет утверждать, что данный фитоценоз может быть отнесён к категории слабо трансформированных пирогенным фактором.

Индексы участия видов говорят о доминировании липы, ясеня маньчжурского и кедра корейского. Относительно высокими индексами перспективного развития обладают клён мелколистный, трескун амурский и ель аянская. Всё это говорит о том, что низовой пожар или серия низовых пожаров, следовавших друг за другом, способствовали омоложению фитоценоза, создав более благоприятные условия для лиственных видов, особенно обладающих быстрым ростом. При этом, хвойные виды, несмотря на потерю доминирующего положения, сохранили потенциал восстановления.

При слабом пирогенном воздействии, несмотря на изменение пропорций участия видов в сложении фитоценозов, степень его закрытости не меняется – преобладают по-прежнему виды экотонного климакса, хотя увеличивается индекс участия широколиственных видов. При этом снижается индекс сукцессионной зрелости.

Пример 3

Таблица 3

Индикаторные параметры фитоценоза, формирующегося под воздействием
ежегодных пожаров

Вид	Кол-во стволов	Суммар ный D (см)	Индекс участия вида	Индекс перспективного развития видов	Прочие индексы
Дуб монгольский	38	583	0,7	0,07	Индекс сукцессионной зрелости отсутствует. Индекс перспективного развития фитоценоза – 0,07
Берёза плосколистная	1	23	0,03	0,04	
Липа	1	9	0,01	0,1	
Ясень маньчжурский	3	22	0,03	0,14	
Берёза даурская	10	134	0,17	0,07	
Клён мелколистный	3	28	0,03	0,1	
	Всего: 56	Всего: 799			

Все стволы деревьев, выходящих в верхний ярус, имеют пиротравмы разного характера повреждения. Молодые деревья имеют опаление ствола до 1,2-2 м от поверхности земли. Деревья с диаметром ствола от 10 см и более имеют пиротравмы до стадии повреждения древесины и образования дупла. Все дубы, судя по характеру пиротравм и особенностям развития кроны, пережили пирогенное повреждение в раннем возрасте. Нижние ярусы фитоценозов сформированы преимущественно нелесными травами, а также кустарниками, которые способны отрастать ежегодно от корня. Прежде всего к таким кустарникам относятся леспедеца и лещина. При этом наблюдается полное отсутствие валежника и подстилки, а также подроста не порослевого происхождения.

Все пирознаки свидетельствуют о сильном пирогенном воздействии – в режиме частых, с интервалом в 2-5 лет, пожаров. Причем, этот пожарный режим сохраняется в течение длительного времени.

В отличие от предыдущих площадок, на участках, подвергавшихся сильному пирогенному давлению, сформировался фитоценоз с крайне бедным видовым составом деревьев верхнего яруса. По количеству стволов резкого доминирования не наблюдается. Контрастное преимущество дуба над остальными видами наблюдается в категории совокупного диаметра, что говорит о том, что дуб доминирует давно, а все остальные виды или проникают и удерживаются в статусе второстепенных (например, берёза плосколистная, берёза даурская), или находятся в стадии элиминации вида (липа, ясень, клён мелколистный). Это утверждение доказывается индексом участия видов с абсолютным преимуществом дуба и индексом перспективного развития, который у дуба крайне низок. Такое соотношение по индексам участия и перспективного развития говорит об устойчивости существования фитоценоза с доминированием дуба монгольского, то есть о том, что данный вид в этом фитоценозе достиг пределов своего развития.

Индекс сукцессионной зрелости в данном случае не определяется, поскольку виды климакса полностью отсутствуют. Можно было бы в данном случае за точку отсчёта взять дуб и липу, поскольку эти виды входят в состав климаксовых фитоценозов экотонного характера. В этом случае этот индекс (2,85) был бы практически равен индексу климаксового фитоценоза. Однако такой вариант определения индекса сукцессионной зрелости будет не корректен, поскольку описанный видовой состав характерен для сильно трансформированного пожарами фитоценоза. Мало того, этот фитоценоз можно рассматривать как субклимакс, лимитирующим фактором которого являются пожары. При сохранении данного пожарного режима в течение последующих нескольких лет окончательно сформируется пирогенный дубняк с минимальным набором других видов.

Следует обратить внимание на индекс перспективного развития фитоценозов. Максимальной величины он достигает в фитоценозе, сильно трансформированном пожарами. Это означает, что биомасса деревьев здесь теряет свои функции накопителя вещества и энергии. Относительно высокий индекс предклимаксового сообщества (табл.1) свидетельствует о переходной стадии развития, когда хвойные виды доминируют, но большая их часть ещё не накопила максимальной для своего вида биомассы. Фитоценоз, претерпевший умеренное пирогенное омоложение (табл.2), имеет минимальные из представленных здесь вариантов перспективы развития. Причиной этому является высокий уровень видовой разнообразия, а также сочетание стволов с большим и малым диаметрами.

Выводы

Данные методы оценки пирогенного фактора позволяют выявить следующие процессы и явления.

1. Определить пожарный режим, влияющий на фитоценоз. Для этого в качестве информационной основы используется совокупность пирознаков.
2. Провести анализ состояния и перспектив развития фитоценозов, находящихся под давлением разных факторов на конкретной территории. По совокупности оценки пирознаков и видового состава возможно определение степени воздействия пожарного режима на экосистемы данной территории.
3. Выделить совокупность фитоценозов, выполняющих функции изолирующих барьеров на пути продвижения огня, а также проводников пожаров. Создание карты таких фитоценозов позволит рационально организовать процесс борьбы с пожарами в природе.

Наибольшей информационной ёмкостью обладают описанные здесь пирознаки и, прежде всего, пиротравмы деревьев. С их помощью можно определить пожарный режим, иногда даже не прибегая к помощи информации о видовом составе и структуре фитоценоза. Однако в большинстве случаев

анализ видового состава необходим, поскольку он позволяет определить вектор сукцессионного развития на фоне давления пирогенного фактора. Предлагаемые здесь индексы носят уточняющий характер, позволяющий оценить состояние фитоценоза на объективном уровне.

Методы основаны на следующих работах автора

Сухомлинова В.В. Влияние пирогенного фактора на эволюцию фитоценозов // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. №1 (5). С. 1375-1378.

Сухомлинова В.В. Влияние регулярного пирогенного воздействия на структуру лесных фитоценозов в экотоне темнохвойно-широколиственных лесов Среднего Приамурья // Вестник Томского университета 2011, № 348. - с. 148-155.

Сухомлинова В.В. Динамика температурного градиента между почвой и атмосферой под воздействием пирогенного фактора // Известия Иркутского университета. 2013. № 3.1. с. 86-94.

Сухомлинова В.В. Изменения межвидовых стратегических взаимодействий при пирогенной трансформации экосистем // Мониторинг и биоразнообразие экосистем Сибири и Дальнего Востока: сборник научных статей, - Находка: Институт технологии и бизнеса, 2012. – 140 с.

Сухомлинова В.В. Индикаторные виды в пирогенной деградации фитоценозов: свойства и признаки // Ботаническое образование в России: прошлое, настоящее, будущее: материалы I Всероссийской научно-практической конференции (Новосибирск, 13-14 мая 2013 г.) - Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2013. – 225 с., с. 68-70.

Сухомлинова В.В. Межвидовые взаимодействия в условиях пирогенного фактора // Пожары в природе как биосферное явление: монография / отв. ред. В.В. Сухомлинова; Биробиджанский филиал ФГБОУ ВПО «Амурский государственный университет». – Биробиджан, 2013. – 250 с., с. 212-246.

Сухомлинов Н.Р., Сухомлинова В.В., Анпилов М.М. Методы изучения пирогенного фактора // Естественно-географическое образование на Дальнем Востоке: сборник материалов II региональной научно-практической конференции. - Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2010. – С. 79-82.

Сухомлинова В.В. Определение давности пожаров в природе по совокупности признаков // Состояние лесов и актуальные проблемы лесопользования: материалы Всерос. конф. с междунар. участием / отв. ред. А.П.Ковалев. - Хабаровск: Изд-во ФБУ «ДальНИИЛХ», 2013 470 с., стр. 405-409.

Сухомлинова В.В. Пиротолерантность и пироадаптированность – грани взаимодействия // Леса и лесное хозяйство в современных условиях: материалы Всерос. конф. с международным участием / отв. ред. А.П.Ковалёв. – Хабаровск: Изд – во ФГУ «ДальНИИЛХ», 2011. – 358 с., с. 261-264.

Сухомлинова В.В. Пирогенный фактор как дестабилизирующая сила в межвидовых взаимодействиях в фитоценозах Среднего Приамурья //

Антропогенная трансформация природы Дальнего Востока: материалы Региональной научно-практической конференции (24-25 июня 2011 года) /Под ред. С.В.Бабкиной – Комсомольск-на-Амуре: Изд-во АмГПУ, 2011. 89 с., с.75-82.

Сухомлинов Н.Р., Сухомлинова В.В. Пиротравмы растений в условиях хвойно-широколиственных лесов Среднего Приамурья и их индикаторное значение // Сибирский экологический журнал 2011, №3. с. 405-413.

Сухомлинова В. В. Предельно допустимое пирогенное воздействие на фитоценозы Среднего Приамурья // Современные проблемы регионального развития: сборник материалов III Международной научной конференции. - Биробиджан: Изд-во ИКАРП ДВО РАН – ДВГСГА, 2010. С. 44-45.

Сухомлинова В.В. Пожарные режимы и их влияние на развитие экосистем // Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока: материалы Всерос. конф. с междунар. участием / отв. ред А.П. Ковалев. – Хабаровск: изд-во ФБУ «ДальНИИЛХ», 2014. 505 с., с. 454-461.

Сухомлинова В.В. Прогноз присутствия видов деревьев в биоценозах ЕАО при активизации пирогенного фактора // III Раддевские чтения. Время. События. Люди: сборник материалов научно-практ. конференции. – Биробиджан: Издательский дом “Биробиджан”, 2009. – С. 141-149.

Сухомлинова В.В. Трансформация экосистем Среднего Приамурья под воздействием пожаров // Монография Биробиджан: Биробиджанский филиал Амурского государственного университета. – 2012. – 168 с.

Сухомлинова В.В. Три подхода к оценке пирогенных сукцессий в экотоне Среднего Приамурья // Вопросы общей ботаники – традиции и перспективы: сборник трудов II Международной интернет-конференции. Казань, 8-11 ноября 2011 г. / Отв. ред. Е.Д. Изотова; Казанский (Приволжский) федеральный университет. – Казань: изд-во «Казанский университет», 2011. 181 с., с. 134-139.

Сухомлинова В.В. Экологические последствия ландшафтных пожаров в умеренной зоне России: подходы к оценке // Россия в постреформенный период: региональный аспект: всероссийская заочная конференция, Биробиджан, 1 сентября – 30 октября 2010 г.: сб. материалов / под ред. Н.Н.Деевой, В.Н.Никитенко – Биробиджан: АмГУ БФ, 2010 – 271 с., с. 186-189.