

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПИРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ НА ПРИМЕРЕ ЮРУБЧЕНО-ТОХОМСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*В статье рассмотрены результаты разработки метода пирологической экспертизы нефтегазовых комплексов на примере Юрубчено-Тохомского месторождения. Приведена карта растительных горючих материалов района исследований, которая может быть использована в качестве основы для характеристики текущей природной пожарной опасности, а также прогноза поведения возникшего пожара и принятия мер по его локализации и тушению.*

**Ключевые слова:** пирологическая экспертиза, карты растительных горючих материалов, типы основных проводников горения, лесоуправляющая информация.

*A.V. Sofronova, A.V. Volokitina*

**THE DEVELOPMENT OF THE PYROLOGICAL EXPERTISE METHOD ON THE EXAMPLE OF YURUBCHEN-TOKHOMSK OIL AND GAS DEPOSIT**

*The results on the development of the pyrological expertise method of oil and gas complexes on the example of the Yurubchen-Tokhomsk deposit are considered in the article. The map of the vegetative combustible materials in the research area that can be used as a basis for characterizing the current natural fire danger, as well as for forecasting the emerged fire behavior and for taking measures on its localization and extinguishing is given.*

**Key words:** pyrological expertise, vegetative combustible material maps, types of the primary fire carriers, forest management information.

---

**Введение.** С геологическим изучением недр, освоением природных ресурсов и развитием нефтегазовых комплексов (НГК) резко увеличивается количество антропогенных источников загорания.

Пожары являются важным экологическим фактором. Косвенное воздействие НГК через повышение горимости территории превышает их прямое воздействие: отвод лесных земель под нефтегазовые объекты и загрязнение земель промышленными выбросами и сбросами. При некоторых ситуациях возникающие пожары могут создавать угрозу самим промышленным объектам и населённым пунктам. Поэтому при проведении оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) нефтегазового комплекса (НГК) необходимо проводить пирологическую экспертизу, которая позволила бы не только оценить природную пожарную опасность территории, но и предложить ряд мероприятий по её прогнозированию и снижению пожароопасности.

В Институте леса им. В.Н. Сукачёва на основе многолетних фундаментальных исследований природы пожаров растительности разрабатывается метод проведения пирологической экспертизы. Пирологическая экспертиза проектируемых и действующих ресурсодобывающих предприятий должна включать [1]:

- 1) оценку природной пожарной опасности территории;
- 2) оценку распределения как по территории, так и во времени источников загорания;
- 3) прогноз поведения пожаров растительности в зависимости от метеорологических условий;
- 4) прогноз последствий пожаров;
- 5) расчет необходимых сил и средств пожаротушения;
- 6) рекомендации по совершенствованию противопожарного устройства территории.

**Материалы и методы исследований.** Пирологическая экспертиза ресурсодобывающих предприятий в настоящее время не проводится. В рамках проведения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при оценке влияния объектов НГК на лесные территории основное внимание уделяется прямому воздействию на окружающую среду – отводу лесных земель под промышленные объекты. Косвенное воздействие возникающих пожаров не учитывается, хотя оно может оказаться значительно большим по сравнению с прямым воздействием. Согласно исследованиям, проводимым в районах нефтегазовых месторождений Западной Сибири, горимость лесов освоенных нефтедобычей, увеличивается в 3,5 раза [2].

При пирологической экспертизе нефтегазовых комплексов очень важна оценка природной пожарной опасности территории, как правило, покрытой растительностью. Общепринятой в лесном хозяйстве России является оценка по пяти классам природной пожарной опасности, при которой все многообразие лесных и нелесных участков характеризуется грубо, интегрировано. При этом не учитываются сезонная динамика рас-

тельности и характеристики растительных горючих материалов, влияющие на изменение природной пожарной опасности в целом и на изменение текущей природной пожарной опасности в частности.

Более совершенной является оценка природной пожарной опасности, разработанная в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Она базируется на многолетних фундаментальных пирологических исследованиях, проведенных в разных регионах России. Прежде всего, это классификация растительных горючих материалов и методы их картографирования [3].

Первый опыт оценки природной пожарной опасности (ППО) на основе карт растительных горючих материалов (карт РГМ) был получен для нефтегазового комплекса Западной Сибири на примере Тянского месторождения Тюменской области. Пирологическая характеристика таксационных выделов при этом выполнялась на основе детальных описаний типов леса и других категорий участков растительности, выполненная специалистами-типологами Новосибирского филиала ИЛ СО РАН под руководством В.Н. Седыха [4].

При отсутствии комплексных исследований на исследуемую территорию пирологическая характеристика растительности может быть выполнена на основе использования имеющейся лесоустроительной информации по методике, разработанной в ИЛ СО РАН [3, 5].

Поскольку основной задачей пирологической экспертизы является детальная оценка природной пожарной опасности, в том числе текущей, связанной с метеорологическими условиями, исследования проводились по методике, разработанной в ИЛ СО РАН и включающей составление карты растительных горючих материалов на район исследований.

С этой целью анализировалась «Схема типов леса», использованная при лесоустройстве Байкитского лесничества. Составлялась пирологическая характеристика каждого таксационного выдела, которая включала тип леса, полноту древостоя, местоположение, тип основного проводника горения (ОПГ) и критический класс засухи (ККЗ). ККЗ – это класс засухи, при котором достигается возможность распространения пламенного горения по слою ОПГ.

Для определения типа ОПГ для каждого типа леса по описанию мохово-лишайникового и травяно-кустарничкового ярусов напочвенного покрова использовался краткий определитель типов ОПГ и методика [5]. Если более 50 % в типе леса покрыто мхами и лишайниками, то выдел относился к «мшистой» подгруппе типов ОПГ, если меньше 50 % или мхи отсутствуют – к «опадной». Далее тип ОПГ определялся по характеру мохово-лишайникового покрова или древесному опадку. При этом учитывались характеристики, влияющие на режим увлажнения и высыхания напочвенного покрова: рельеф, почва, состав и полнота древостоя. Болотно-моховый тип определяется достаточно легко. Сухомшистый и влажномшистый типы ОПГ различаются по режиму увлажнения, дренированности. При определении типов ОПГ «опадной» подгруппы необходимо учитывать сезонность, т.е. определять типы ОПГ для весны (до появления «зелёной дымки» на деревьях и зелёной травы) и осени и отдельно для лета (периода вегетации). Если в составе травяного покрова насаждений преобладают злаки (исключая зимне-зелёные осочки), то тип ОПГ весной и осенью относится к травяноветошному, летом – к рыхлоопадному. При наличии осоки на болотах травяноветошный тип ОПГ изменяется летом на болотномоховый. При разрастании трав летом в древостоях и на открытых участках (когда запас зелёных трав превышает запас растительных остатков) формируется беспроводниковый тип ОПГ (Бп1).

Для создания карты РГМ использовалась геоинформационная технология в среде программного обеспечения MapInfo Professional.

*Характеристика района исследований.* Район исследования относится к зоне тайги, подзоне средне-таёжных лесов Среднесибирского плоскогорья, области Заангарского плато [6].

Рельеф участка низкогорный. Территория представляет собой невысокое плато или волнистую равнину. Вершины гор плоские или округлые, склоны преобладают пологие (5–10°). Таким образом, выделяются два уровня поверхностей: верхний уровень прослеживается по вершинам останцовых трапповых гор (500–600 м), нижний – плоские и полого-волнистые слабозаболоченные равнины (300–400 м).

Климат территории гумидный, резко континентальный с суровой продолжительной зимой и коротким теплым летом. Среднегодовое количество осадков составляет 400–600 мм. Около 75–80 % годовой суммы осадков выпадает в виде дождей. Устойчивый снежный покров образуется в среднем 15 октября, снеготаяние начинается в среднем 8 апреля, сход снега происходит 9 мая ( $\pm 5$  дней). Промерзание почвы наступает в сентябре-октябре, весеннее оттаивание происходит в начале июня. Преобладающими являются ветры юго-западного направления, средняя скорость ветра 1,9 м/с. Весной иногда наблюдаются сильные ветры – до 15 м/с.

Гидрографическая сеть района хорошо развита. Основными крупными реками являются Тохомо, Юрубчен. Для рек района характерно чередование узких глубоких врезанных долин с пологими склонами и заболоченными днищами [7].

На территории преобладают леса из лиственницы, под которыми формируются кислые мерзлотно-таёжные и горно-подзолистые почвы, широко развиты суглинистые и глинистые дерново-подзолистые. В долинах рек представлены болотно-подзолистые и болотные почвы, местами торфяники. Помимо лиственницы, встречаются массивы тёмнохвойной елово-пихтово-кедровой тайги и берёзовые леса.

Рассматриваемая территория входит в южную зону распространения многолетнемёрзлых пород и характеризуется преимущественно островным распространением по берегам и днищам рек.

По пирологическому районированию участок Юрубчено-Тохомского месторождения (ЮТМ) относится к Средне-Сибирской области низкой пирологической расчленённости, обусловленной наличием многолетней мерзлоты [8]. Он расположен вблизи района максимальной плотности пожаров от гроз [9].

Как показали наши исследования, с начала интенсивного освоения ЮТМ площадь гарей возросла в 3 раза (табл. 1) [10].

Таблица 1

Динамика площадей гарей на исследуемом участке ЮТМ

Период, год	Площадь гарей к концу каждого периода, км <sup>2</sup>	Площадь гарей за период, км <sup>2</sup>	Площадь гарей за период, %
До 1970	86	86	34
1970-1984	104	18	7
1984-2001	254	150	59

Доля гарей в период интенсивного освоения месторождения (1984–2001 гг.) превышает 50 % от площади всех зафиксированных гарей (рис. 1).

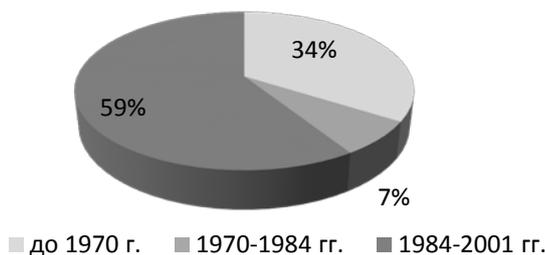


Рис. 1. Динамика площадей гарей на исследуемом участке ЮТМ

**Результаты исследований и их обсуждение.** Природная пожарная опасность участка (ППО) растительности отражает готовность к загоранию растительных горючих материалов и распространению горения по участку («пожарную зрелость»). Её оценивают по картам РГМ, на которых обозначаются в первую очередь типы основных проводников горения (ОПГ) [3].

По результатам исследования была составлена карта РГМ (рис. 2). Помимо графического отображения, была создана база данных, содержащая информацию о пирологической характеристике выделов (тип леса, полнота древостоя, почва, местоположение и др.). Фрагмент пирологической характеристики типов леса, встречающихся на участке размещения ЮТМ, представлен в табл. 2.

Общая площадь картографируемого участка составила 7635,02 га. На исследуемой территории широко представлен сухомшистый тип, созревающий в низкополнотных древостоях (до 0,4) при условиях погоды, соответствующих уже I ККЗ. В лесах с полной древостоя 0,5–0,7 этот проводник горения созревает при II ККЗ. Сухомшистый тип занимает 51 % от общей площади типов ОПГ. Он встречается в различных лесах: лиственничных и смешанных лиственнично-елово-кедровых мелкотравно-, голубично-, бруснично-зеленомошных, кедровых чернично-зеленомошных и др.

В весенний и осенний периоды очень пожароопасным является травяноветошный тип, распространённый в осоково-сфагновых кедровых редколесьях (0,3-0,4), а также в разнотравных смешанных лиственнично-кедрово-еловых редколесьях (до 0,3).

Влажнотышстый тип имеет небольшое распространение. Он относится к малогоримому типу ОПГ, но низкая полнота среднетаёжных лесов также повышает его созревание, он может проводить горение при условиях погоды, соответствующих III ККЗ.

Широко представлен болотномоховый тип, который занимает 29 % территории. Болотномоховый (Бм1) тип является малогоримым типом ОПГ летом, так как его созревание возможно только при IV–V ККЗ. Распространён в низкополотных осоково-сфагновых кедровых древостоях, на болотах, по долинам и склонам рек. Весной, при достаточном запасе злаков и осок (200 г/м<sup>2</sup> и более), беглое пламенное горение может распространяться на большие расстояния, что нередко приводит к возникновению многоочаговых почвенно-торфяных пожаров.

При метеорологических условиях, соответствующих V ККЗ, условно «созревает» беспроводниковый 1 тип. Он присутствует в летний период на участках с хорошо развитым травяным покровом (например, в лиственничниках разнотравных), когда частично сохраняются основные проводники горения с незначительным запасом, подсыхает подстилка, т.е. при наличии источников огня создаются условия для возникновения и распространения почвенно-торфяных пожаров.

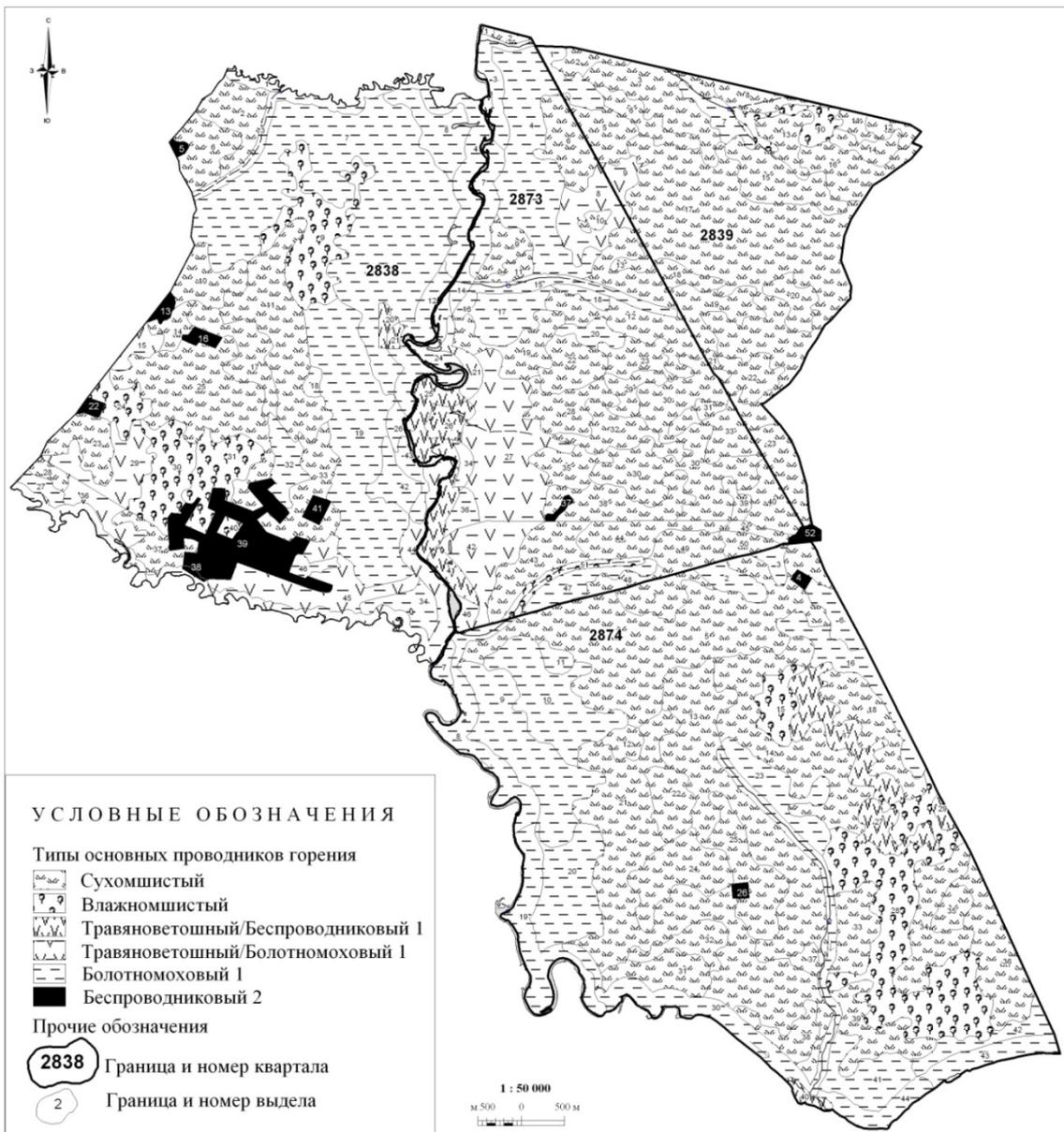


Рис. 2. Карта растительных горючих материалов на исследуемый участок Юрубчено-Тохомского месторождения

Таблица 2

**Пирологическая характеристика выделов участка Юрубчено-Тохомского месторождения по таксационному описанию**

Номер выдела	Состав	Тип леса	Полнота	Местоположение	Почва	Тип ОПГ	ККЗ
1	10Л	бгсф	0,4	Долина реки	Торфяно-болотная, среднесуглинистая, сырая	Бм1	IV
2	10Л	гзм	0,4	Водораздел, склон СВ	Переговойная, неразвита, каменистая, среднесуглинистая, свежая	Сх	I
3	4Л4Е2К	бгсф	0,3	Долина реки	Торфяно-болотная, среднесуглинистая, влажная	Бм1	IV
4	Болото	Сфагновое	10 % Л	Болото	Торф	Бм1	IV
5	Объект НГК	-	-	Водораздел, склон СВ	-	Бп2	Негорим
6	10Л	мзм	0,7	Водораздел, склон СВ	Переговойная подзолистая, легкосуглинистая, свежая	Сх	II
7	5Л4Е1Л	бгсф	0,3	Водораздел, склон СВ	Торфяно-болотная, среднесуглинистая, влажная	Бм1	IV
8	Болото	Сфагновое	10 % Л	Болото	Торф	Бм1	IV
9	8Л2К	гзм	0,6	Водораздел, склон СВ	Переговойная неразвита каменистая, среднесуглинистая, влажная	Вл	III
10	4К3Е3Л	чзм	0,4	Водораздел, склон СЗ	Переговойная подзолистая щебнистая, среднесуглинистая, свежая	Вл	III
11	10Л	мзм	0,7	Водораздел, склон В	Переговойная подзолистая, легкосуглинистая, свежая	Сх	II
13	Объект НГК	-	-	Водораздел, склон С	-	Бп2	Негорим

Примечание. Шифры типов леса: бгсф – багульниково-сфагновый; гзм – голубично-зеленомошный; мзм – мелко-кострово-зеленомошный; чзм – чернично-зеленомошный. Шифры типов основных проводников горения (типов ОПГ): Бм1 – болотно-моховый; Сх – сухомшистый; Бп2 – беспроводниковый; Вл – влажномшистый.

При оценке природной пожарной опасности в разное время года важно учитывать участки с чередующимися типами ОПГ. Так, присутствие осоки на болотах весной/осенью (Тв/Бп1 тип ОПГ) изменяет пожароопасность условий с IV ККЗ (для БМ1) на I ККЗ (для Тв).

Беспроводниковый 2 тип является негоримым. К нему были отнесены объекты НГК. Типы Вл, Бп1, Бп2 имеют незначительное распространение, но их присутствие необходимо учитывать при управлении действующими природными пожарами.

Для пирологической экспертизы нефтегазовых объектов имеет значение их пространственно-временное распределение, взаиморасположение с пожароопасными типами ОПГ, особенно близость с «быстро созревающими» типами.

Из представленных на исследуемом участке ЮТМ типов ОПГ при I ККЗ весной/осенью созревает Тв тип. Он окружает южную часть вахтового посёлка. При I и II ККЗ созревает Сх тип, небольшой участок

примыкает к северной части вахтового посёлка. К западной части посёлка примыкает Вл тип, созревающий при III ККЗ. При условиях погоды, соответствующих этим значениям ККЗ, необходимо повышать меры по пожарной безопасности.

Эту информацию позволяют отобразить карты текущей природной пожарной опасности. Карта РГМ служит матрицей для их создания. На картах ППО разным цветом обозначаются участки, готовые к горению (если КЗ по условиям погоды по порядку выше ККЗ типа ОПГ), не готовые к горению (если КЗ по порядку ниже ККЗ типа ОПГ) и те, на которых ситуация остаётся неопределённой (если КЗ=ККЗ).

Карты текущей природной пожарной опасности позволяют учитывать природную характеристику при прогнозировании возникновения пожаров, отсутствующую в современных моделях прогноза, основанных на статистических расчётах. Также они позволяют выявить наиболее пожароопасные участки при определённых метеорологических условиях и прогнозировать поведение пожаров, что является важным при проведении разведочных работ на ЮТМ в пожароопасный сезон.

Согласно исследованиям, проведённым по анализу временного ряда космических снимков, в период 1984–2013 гг. на территории месторождения прошли многочисленные верховые пожары. Кроме того, на месторождении появляются новые объекты (профили, дороги, буровые площадки и др.). В связи с этим в дальнейшем планируется актуализировать составленную карту по дешифрированию космических снимков текущего года.

**Заключение.** Освоение природных ресурсов и развитие нефтегазовых комплексов сопровождается увеличением количества антропогенных источников загорания. Возникающие природные пожары представляют угрозу для промышленных объектов и населённых пунктов. Поэтому в целях экологической безопасности и уменьшения воздействия на окружающую среду необходимо проводить пирологическую экспертизу. В настоящее время руководства и методики по пирологической экспертизе предприятий отсутствуют.

В работе показан пример проведения пирологической экспертизы на основе использования метода составления карт РГМ по лесостроительной информации.

Из представленных на исследуемом участке ЮТМ типов ОПГ при I ККЗ весной/осенью созревает Тв тип. Он окружает южную часть вахтового посёлка. При I и II ККЗ созревает Сх тип, небольшой участок примыкает к северной части вахтового посёлка. К западной части посёлка примыкает Вл тип, созревающий при III ККЗ. При условиях погоды, соответствующих этим значениям ККЗ, необходимо повышать меры пожарной безопасности.

Недостатком лесостроительной информации является её период обновления. В условиях интенсивного и масштабного освоения месторождений, при строительстве новых объектов НГК для целей пирологической экспертизы необходимо дополнительно использовать более оперативно поступающую информацию космической съёмки.

Применение современных космических снимков для задач пирологической экспертизы требует дальнейших исследований. С этой целью в ИЛ СО РАН разрабатываются дешифровочные признаки объектов НГК и типов основных проводников горения.

### Литература

1. Волокитина А.В. Пирологическая экспертиза ресурсодобывающих предприятий // Вестн. КрасГАУ. – 2012. – № 6. – С. 67–72.
2. Чижов Б.Е. Охрана и рекультивация таежных экосистем при нефтегазодобыче. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2011. – 254 с.
3. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 314 с.
4. Софронов М.А., Волокитина А.В. О пирологической экспертизе добывающих предприятий на территории лесной зоны // Сопряжённые задачи физической механики и экология: мат-лы Междунар. совещания-семинара. – Томск: Изд-во ТГУ, 1994. – С. 146–147.
5. Софронов М.А., Волокитина А.В. Методика обследования и описания лесных участков, пройденных пожарами. – Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, 2007. – 71 с.
6. Равнины и горы Сибири /Академия наук СССР; Институт географии; под ред. С.С. Коржуева. – М.: Наука, 1975. – 352 с.
7. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Мысль, 1978. – 512 с.

8. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таёжной зоне. – Новосибирск: Наука, 1990. – 205 с.
9. Пономарёв Е.И. Оценка рисков возникновения лесных пожаров в результате гроз на основе ГИС-ориентированной технологии // География и природные ресурсы. – 2011. – № 1. – С. 147–150.
10. Софронова А.В. Картографирование изменений на лесных территориях под воздействием объектов нефтегазовой отрасли // Исследование компонентов лесных экосистем Сибири. – Красноярск: Изд-во Ин-та леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, 2011. – С. 64–67.



УДК 624.131; 551.79 (571.14)

Г.А. Демиденко, Е.В. Котенева

### ЭВОЛЮЦИЯ ЭКОСИСТЕМ ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОН ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ В ГОЛОЦЕНЕ (ПО ДАННЫМ ПАЛЕОПЕДОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА)

*В статье представлены исследования по изучению экосистем лесостепной и степной зон Приенисейской Сибири в голоцене по результатам палеопедологического анализа. Показана эволюционная смена компонентов экосистем, в зависимости от глобальных климатических изменений. Почва природного сообщества является «репером» в состоянии экосистемы разного ранга.*

**Ключевые слова:** эволюция, экосистема, палеоэкосистема, палеопочвы, палеопедокомплексы, палеопедологический анализ, голоцен.

G.A. Demidenko, E.V. Koteneva

### THE ECOSYSTEM EVOLUTION OF THE FOREST-STEPPE AND STEPPE ZONES OF THE PRI-YENISEI SIBERIA IN THE HOLOCENE (ACCORDING TO THE PALEO-PEDOLOGICAL ANALYSIS)

*The research on the ecosystem of the forest-steppe and steppe zones of the Pri-Yenisei Siberia in the Holocene on the results of the paleo-pedological analysis is presented in the article. The evolutionary change of the ecosystem components depending on the global climate change is shown. The soil of the natural community is "the benchmark" in the ecosystems of different rank state.*

**Key words:** evolution, ecosystem, paleo-ecosystem, paleo-soils, paleo-pedocomplexes, paleopedological analysis, Holocene.

---

**Введение.** Природные зоны лесостепей и степей расположены на юге Западной, Средней и Восточной Сибири. Современный почвенный покров представлен в основном серыми лесными, дерново-лесными, черноземными, каштановыми почвами и их разновидностями.

Почвы, названные великим В.В. Докучаевым "зеркалом ландшафта", хранят в себе информацию о многих компонентах природы, таких, как растительность, рельеф, водный режим, климат.

Почвенный покров лесостепной и степной зон Сибири имеет длительную историю развития. Почва – это "память ландшафта", хранящая в себе информацию о географических закономерностях природной среды [7, 8].

Историко-эволюционные аспекты почвообразования приобретают большую актуальность, так как эволюция почвенного покрова проходит одновременно с ходом развития всех компонентов природы.

В голоцене, современном потеплении продолжительностью 10–12 тыс. лет, происходит формирование современного почвенного покрова и климатических условий. Существовало несколько периодов голоцена: предбореальный, бореальный, атлантический, суббореальный, субатлантический [6, 9]. Особенности развития почвенного покрова в эти периоды голоцена можно проследить, изучая палеопочвы, сохранившиеся в отложениях голоценового возраста.

**Цель исследований.** Изучение палеопочв голоценового возраста лесостепи и степи Сибири для выявления экологических закономерностей их распространения в разные периоды голоцена и реконструкции эволюционирующих экосистем.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являлись голоценовые отложения, слагающие пойму, верхи надпойменных террас и водоразделов рек Сибири, а также геологические разрезы