

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВЫ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН КРАСНОЯРСКОЙ УРБЭКОСИСТЕМЫ**

*В статье представлены результаты микробиологического анализа почвы рекреационных зон (скверов и парков), расположенных на территории города Красноярска. Установлены основные параметры изменения численности эколого-трофических групп микроорганизмов под воздействием рекреационной нагрузки.*

**Ключевые слова:** рекреации, почва, микроорганизмы, воздействие, рекреационная нагрузка.

N.V. Fomina

**MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF THE RECREATIONAL ZONE SOIL OF KRASNOYARSK URBAN ECOSYSTEM**

*The soil microbiological analysis results of the recreational zones (public gardens and parks) located in the Krasnoyarsk city territory are presented in the article. The basic parameters of the number change of microorganism ecological-trophic groups under the recreational loading influence are determined.*

**Key words:** recreations, soil, microorganisms, influence, recreational loading.

**Введение.** В связи с возрастающей рекреационной нагрузкой на почвы урбанизированных территорий чрезвычайно важно определить показатели, характеризующие степень изменения экосистемы. Качественные и количественные параметры микробиоценоза позволяют объективно оценить экологическое состояние почвенного покрова, степень его деградации, определить санитарно-эпидемиологическое состояние почвы при ее загрязнении [Куимова, Шулякова, Павлова, 2008; Морозова, 2011; Назаренко, 2013].

На сегодняшний день практически отсутствуют полноценные данные по микробиологическому анализу почв, подверженных рекреационной нагрузке, в том числе и в городе Красноярске. В почве парков и скверов нашего города многопланово изучен лишь состав цианобактерий и почвенных водорослей [Чижевская, 2007; Трухницкая, Чижевская, 2008].

**Цель исследований.** Микробиологическая характеристика почвы рекреационных зон г. Красноярска.

**Задачи исследований.** Определить количественный состав эколого-трофических групп микроорганизмов в почве рекреационных зон и выявить изменения в численности микрофлоры под воздействием рекреационной нагрузки.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований являлась микрофлора почвы рекреационных зон города Красноярска: Гвардейский парк, сквер на просп. Свободном и Центральный парк культуры и отдыха им. М. Горького.

Почвенный покров Центрального парка им. М. Горького представлен темно-серой лесной маломощной среднесуглинистой почвой. Антропогенное воздействие на нее заключается в локальной посыпке или уничтожении гумусового слоя, частичном перемешивании верхних горизонтов. Почва Гвардейского парка представлена черноземом обыкновенным, в сквере на просп. Свободный – черноземом выщелоченным (привезенным для создания сквера). Черноземы, как правило, маломощные, с непрочной структурой.

По степени кислотности почвы исследуемых рекреационных зон районов г. Красноярска относятся к щелочным: Центральный парк (10,8–11,3), Гвардейский парк (9,6–10,0), сквер на просп. Свободном (9,2–9,8). Для большинства исследуемых рекреационных участков характерно высокое содержание органического углерода, особенно в Центральном парке (6,2–6,5 %) и Гвардейском парке (3,6–4,8 %). Несколько ниже значения установлены в почве, отобранной в сквере на просп. Свободный – 2,3–3,7 %. Содержание общего азота в опытных вариантах определено как среднее и низкое: 0,16–0,20 % – в Гвардейском парке, 0,20–0,25 % – в сквере на просп. Свободный, 0,24–0,27 % – в Центральном парке. Наибольшее содержание аммонийного азота установлено в почве, отобранной в Центральном парке – 30,1–32,0 мг/кг почвы, тогда как в почве сквера на просп. Свободном и Гвардейском парке данные показатели были ниже и составили соответственно 20,5–22,3 и 25,6–28,9 мг/кг почвы. Содержание нитратного азота очень низкое и показатели достоверно не различаются: Центральный парк – 0,8–1,6 мг/кг почвы, Гвардейский парк – 1,8–5,16 мг/кг почвы, сквер на просп. Свободный – 0,9–1,26 мг/кг почвы.

Наибольшие значения рекреационной нагрузки установлены в Центральном парке – 68–75 чел.-ч. Колебания же рекреационной нагрузки в двух других рекреационных зонах были в следующих пределах: 10–45 чел.-ч в – Гвардейском парке, 15–36 чел.-ч – в сквере на просп. Свободный [Фомина, 2009].

Для отбора пробы почвы выбирался характерный (по растительности и виду) участок площадью 5 м<sup>2</sup>. Поверхностный слой счищался на необходимую глубину в зависимости от того, с какой глубины предусматривался отбор пробы согласно программе и отбирался образец грунта по методу конверта – по углам и в центре очередного прямоугольника так, что суммарная масса образца составила не менее 0,5 кг. Каждый образец упаковывался в холщевый или пластиковый пакет и на серию образцов заполнялась форма [Практикум по микробиологии..., 2005]. Почвенные образцы отбирались в 2010–2011 гг. в период активной вегетации – середине июля.

Изучение эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭКТГМ) проводили методом разведений на диагностических питательных средах: аммонифицирующие микроорганизмы – на мясоептонном агаре (МПА); микромицеты – на среде Чапека; микроорганизмы, использующие минеральный азот и актиномицеты – на крахмало-аммиачном агаре (КАА); олиготрофы – на почвенном агаре (ПА); олигонитрофилы – на среде Эшби; нитрификаторы – на среде Виноградского.

Все посева проводили из двух параллельных колб в трехкратной повторности из 3-, 4- и 5-го разведений. После определения влажности каждого образца почвы при 105<sup>o</sup>С численность микроорганизмов пересчитана на 1 г абсолютно сухой почвы и выражена в колонеобразующих единицах (КОЕ г<sup>-1</sup>) [Методы почвенной ..., 1991].

**Результаты исследований и их обсуждение.** Известно, что микроорганизмы почв обладают высокой чувствительностью к антропогенному воздействию и в городских условиях их состав сильно изменяется, следовательно, их можно использовать в качестве индикаторов экологического состояния почв рекреационных территорий.

Численность микроорганизмов, усваивающих минеральный азот и выявляемых на крахмал-аммиачном агаре (КАА), указывает на интенсивность процессов минерализации органического вещества и наличие доступных минеральных форм азота в почве. Наиболее высокие значения данной группы микроорганизмов определены в почве сквера на просп. Свободный в 2011 и 2012 гг. – 49 и 42\*10<sup>5</sup> КОЕ г<sup>-1</sup> почвы (рис. 1). В данной почве интенсивно протекают процессы минерализации органического вещества и присутствует большее количество минеральных форм азота.

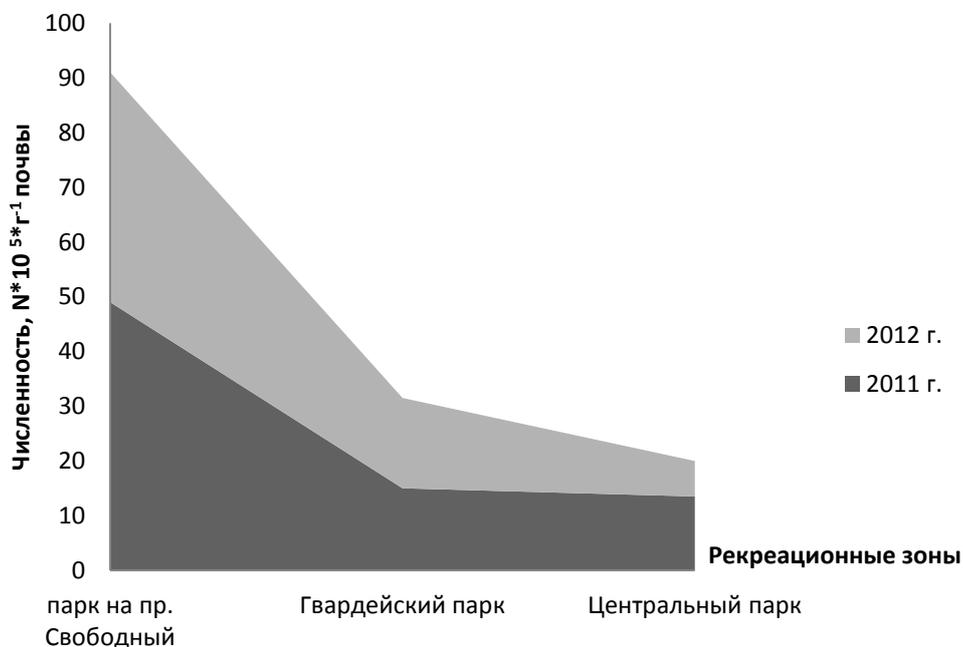


Рис. 1. Динамика численности прототрофов (м/о, использующих минеральные формы азоты) в почве рекреационных зон

Самые низкие значения численности микроорганизмов установлены в Центральном парке им. М. Горького (13,5 и 6,48 \*10<sup>5</sup> КОЕ г<sup>-1</sup> почвы), что обусловлено влиянием рекреационной нагрузки в форме интенсивного вытаптывания и ухудшения режима аэрации, а также может характеризовать направленность биохимических процессов в сторону гумификации.

При изучении динамики численности прототрофов за двухлетний период наблюдается увеличение их количества в 2012 году в Гвардейском парке до \*10<sup>6</sup> КОЕ г<sup>-1</sup> почвы, тогда как в двух оставшихся зонах численность данной группы микроорганизмов снизилась, причем в Центральном парке в 2 раза, что связано с усилением рекреационного воздействия на данный участок.

При анализе данных, полученных по численности олигонитрофилов, олиготрофов и целлюлозоразрушающих микроорганизмов, определено, что наибольшее количество этих трех эколого-трофических групп присутствует в почве Гвардейского парка, что говорит о низкой рекреационной нагрузке в данной зоне и, следовательно, меньшем воздействии на почвенную микрофлору в результате вытаптывания. В почве, отобранной в Центральном парке, также определены достаточно высокие значения численности олиготрофов – 50 и 57\*10<sup>5</sup> КОЕ г<sup>-1</sup> почвы (рис. 2), что говорит о недостаточном количестве минеральных элементов в данной почве.

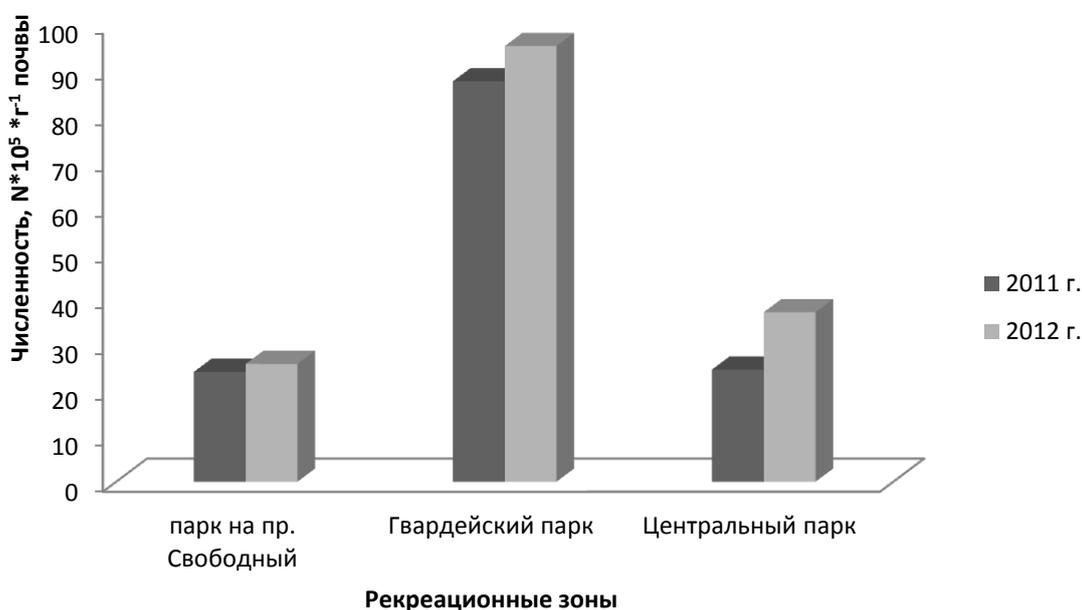


Рис. 2. Динамика численности олигонитрофилов в почве рекреационных зон

Активное развитие данных групп микроорганизмов возможно в среде, где имеются лишь следы азотсодержащих минеральных или органических соединений, а олигонитрофильные микроорганизмы способны ассимилировать большие количества углерода при небольшой потребности в азотистых веществах. Наиболее низкие показатели численности вышеуказанных групп микроорганизмов выявлены в почве, отобранной в сквере на просп. Свободный, причем численность ниже в среднем в 2–3 раза, чем в почве Гвардейского парка.

Общая же тенденция изменения численности олигонитрофилов и олиготрофов в почвах исследуемых рекреационных зон характеризуется увеличением их количества в 2012 году, что может быть связано как с погодными условиями (более засушливое лето), так и незначительным присутствием в почвах питательных элементов в основном доступных форм азота.

Наиболее показательными для почв рекреационных зон, отражающими в большей мере действительную картину, некоторые авторы считают данные об интенсивности жизнедеятельности целлюлозоразрушающих микроорганизмов [Свистова, Назаренко, 2003]. Так как, во-первых, не накладываются какие-либо побочные явления, связанные с подготовкой почвы к анализу; во-вторых, целлюлоза в почве – основной источник энергетического материала, определяющий уровень всех остальных (кроме автотрофных) процессов в почве.

Оптимальной по составу для развития данной группы микроорганизмов является почва, отобранная в Гвардейском парке, при этом численность была максимальной и составляла  $59,3$  и  $44,2 \cdot 10^4$  КОЕ  $г^{-1}$  почвы. Неблагоприятной является почва, отобранная в сквере на просп. Свободный и в Центральном парке, где численность колебалась соответственно в пределах  $13-15$  и  $18,7-20 \cdot 10^4$  КОЕ  $г^{-1}$  (рис. 3).

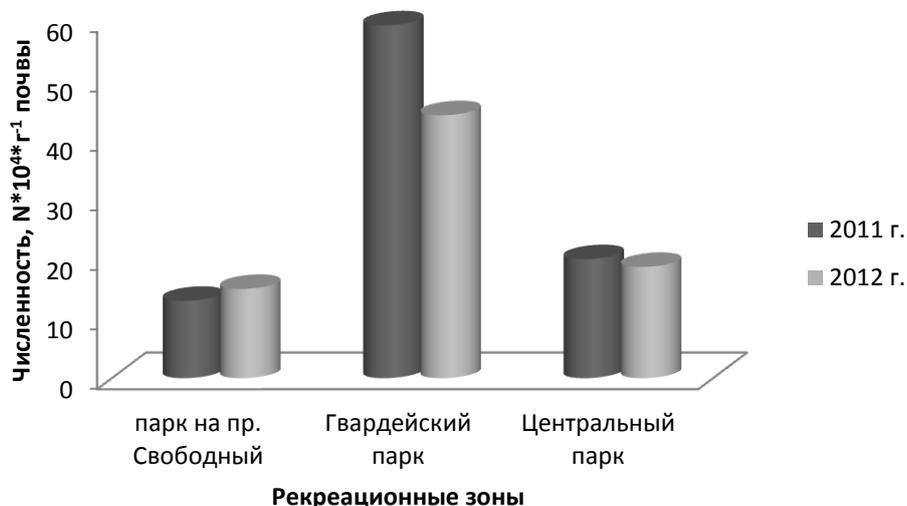


Рис. 3. Динамика численности аэробных целлюлозоразрушителей в почве рекреационных зон

Достоверных различий в изменении численности по годам для данной группы микроорганизмов не установлено. Микромицеты – это обширная группа гетеротрофных, большей частью многоклеточных организмов. Гетеротрофное питание обуславливает их участие, главным образом, в начальных стадиях разложения разнообразных органических соединений. При этом синтезируются органические вещества, определяющие плодородие почвы. Так как грибы отличаются более экономным, чем бактерии, обменом веществ и имеют высокую биохимическую активность, то это делает их более конкурентоспособными в слабообеспеченных питательными веществами кислых почвах [Новгородский, 1956].

Данные, полученные нами по численности микромицетов, достоверно не отличаются друг от друга, так как почти все исследуемые почвы щелочные или слабощелочные изменялись в среднем в пределах от  $1$  до  $2,5 \cdot 10^2$  КОЕ  $г^{-1}$  соответственно (рис. 4).

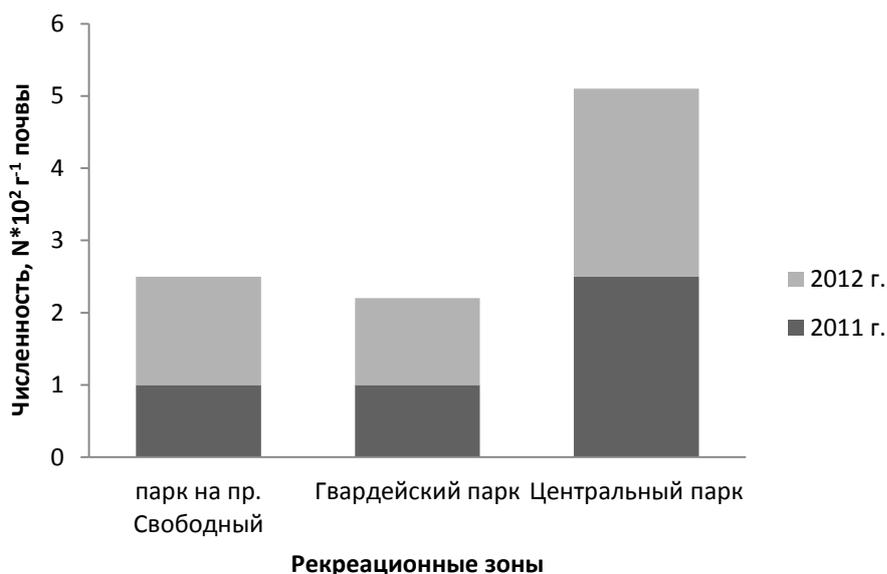


Рис. 4. Средние показатели численности микромицетов в почве рекреационных зон

Однако в Центральном парке по сравнению с другими рекреационными участками количество данной группы микроорганизмов также было наибольшим –  $2,5 \cdot 10^2$  КОЕ\*г<sup>-1</sup>, что подтверждает агрохимические данные (высокое содержание органического углерода).

Возрастание численности активных деструкторов биополимеров в зонах максимальной рекреационной нагрузкой может определяться также перестройкой их видовой структуры и активным размножением микроорганизмов, деградирующих ксенобиотики или устойчивых к ним.

Актиномицеты в отличие от бактериальных форм дают более четкую картину снижения численности на участках с более высокой рекреационной нагрузкой. Это подтверждают и полученные нами данные, а именно в почве, отобранной на опытном участке в Центральном парке, их количество было минимальным и составляло в среднем  $1-1,4 \cdot 10^3$  КОЕ г<sup>-1</sup>, тогда как в почве сквера, расположенного на просп. Свободный и Гвардейском парке, численность была выше –  $1,5-1,7$  и  $1,8-1,9 \cdot 10^3$  КОЕ г<sup>-1</sup> почвы соответственно (рис. 5).

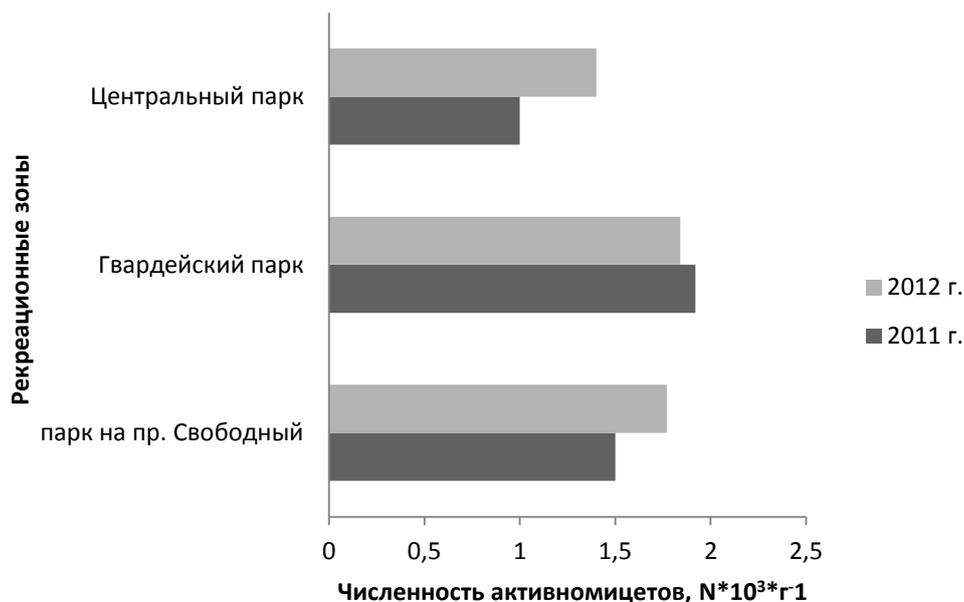


Рис. 5. Динамика численности актиномицетов в почве рекреационных зон

Актиномицеты по своим требованиям к условиям внешней среды, таким, как низкая чувствительность к недостатку свежей органики, связь с превращением труднодоступных гумусовых веществ, способность выживать в неблагоприятных условиях влажности и температуры, должны быть менее чувствительны, чем бактерии, к рекреационному воздействию, однако полученные нами данные свидетельствуют о невысокой их численности в зоне с наибольшим рекреационным потенциалом (Центральный парк культуры и отдыха). В данном случае можно говорить о значительных нарушениях в биоэкологическом режиме исследуемой почвы.

**Заключение.** Интенсивное развитие в почве изученных рекреационных зон г. Красноярска получают олиготрофы и олигонитрофилы, а в отдельных случаях (почва, отобранная в сквере на просп. Свободный) и микроорганизмы, использующие минеральные формы азота. Данные, полученные при изучении численности аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов, являющихся своеобразным индикатором изменения экологических условий почвенной среды, свидетельствуют о снижении общей биогенности исследуемых почв по мере возрастания рекреационного воздействия.

### Литература

1. Куимова Н.Г., Шумилова Л.П., Павлова Л.М. Оценка экологического состояния почв города Благовещенска // Вестн. РУДН. – 2008. – № 3. – С. 38–49.
2. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
3. Морозова Н.А. Эколого-биохимические особенности промышленных и рекреационных зон г. Самары. – Тольятти, 2011. – 19 с.

4. Назаренко Н.Н. Оценка структуры комплекса актиномицетов в техногенно нарушенных почвах урбоэкосистемы // Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование: тр. второй междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – М.: Буки Веди, 2013. – С. 1–5.
5. Новогрудский Д.М. Почвенная микробиология. – Алма-Ата: Изд-во АН Каз. ССР, 1956. – 402 с.
6. Практикум по микробиологии / под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Академия, 2005. – 602 с.
7. Свистова И.Д., Назаренко Н.Н. Микробиологическая индикация урбаземов г. Воронежа // Вестн. ВГУ. – 2003. – № 2. – С. 175–180.
8. Свистова И.Д., Щербаков А.П., Фролова Л.О. Фитотоксическая активность сапротрофных микромицетов чернозема: специфичность, сорбция и стабильность фитотоксинов в почве // Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39. – № 4. – С. 433–437.
9. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. – М., 2004. – 256 с.
10. Трухницкая С.М., Чижевская М.В. Альгофлора рекреационных территорий Красноярской урбоэкосистемы: монография. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2008. – 134 с.
11. Фомина Н.В. Эколого-биохимическая оценка почв рекреационных зон Красноярской урбоэкосистемы // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. заочн. науч. конф. – Красноярск, 2009. – С. 11–15.
12. Чижевская М.В. Использование альгофлоры в качестве индикатора состояния рекреационных территорий Красноярской урбоэкосистемы: дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2007. – 135 с.



УДК 631.4

Н.В. Чухарева, В.Д. Тихова,  
О.Н. Зарубина, Л.В. Шишмина

#### ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОРФА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕРМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ

*В статье рассмотрено изменение химической структуры и содержание элементов (С,Н,N,S,O) в составе органического вещества торфов под влиянием термообработки (250°С) и в зависимости от типа и степени разложения торфа. По данным ИК-спектроскопии рассчитаны отношения оптических плотностей полос поглощения кислородсодержащих групп и алифатических заместителей к оптическим плотностям полос поглощения ароматических полисопряженных систем.*

**Ключевые слова:** торф, тип, степень разложения, термообработка, элементный состав, функциональные группы, полосы поглощения, оптическая плотность, химическая структура.

N.V. Chukhareva, V.D. Tikhova,  
O.N. Zarubina, L.V. Shishmina

#### THE CHANGE OF THE PEAT ELEMENT COMPOSITION AND OPTICAL PROPERTIES UNDER THE THERMAL MODIFICATION INFLUENCE

*The chemical structure change and the element (C,H,N,S,O) content in the peat organic substance under the heat treatment (250°С) influence and depending on the peat decomposition type and extent are considered in the article. The correlations of the absorption strip optical density of oxygen-containing groups and aliphatic substitutes to the absorption strip optical density of the aromatic poly-interfaced systems are calculated according to IR-spectroscopy.*

**Key words:** peat, type, decomposition extent, heat treatment, element structure, functional groups, absorption strips, optical density, chemical structure.

---

**Введение.** В настоящее время одним из классических методов, направленных на изменение физико-химических свойств торфа, является его термическая модификация. Как показано в работе [1], предварительная термообработка торфа до 250°С в среде собственных газов разложения способствует обогащению его группового состава такими ценными компонентами, как битумы и гуминовые кислоты. Абсолютные значения выходов групповых составляющих зависят от типа, вида торфа и его степени разложения. Тем не менее остался открытым вопрос об изменении соотношений основных элементов органического вещества