

УДК 581.1: 582.475:57.045:87.35.91

ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

© 2016 А.Ю. Кулагин¹, Р.И. Шаяхметова²

¹Уфимский институт биологии РАН

²Нижневартовский государственный университет

Статья поступила в редакцию 22.05.2016

При оценке состояния нефтезагрязненных и рекультивированных земель используются два основных параметра – содержание нефти в почве и состояние растительности. Изменение состояния растительности наблюдается в нарушении ее физиологических и биохимических свойств, что выражается в понижении защитных компонентов растений. Выявлено, что у сосны обыкновенной подверженной к воздействию нефти, изменялось количественные характеристики пигментов состав пигментов, в частности, снижение хлорофилла *a* и соотношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, хвоя, хлорофилл *a*, хлорофилл *b*, каротиноиды, нефтяное загрязнение, растительное сообщество, геоботаническое описание

Лесные экосистемы на территории Нижневартовского района ХМАО-Югры, находятся в условиях интенсивного антропогенного воздействия в связи с развитием нефтедобывающего комплекса [3]. Для рационального использования лесных ресурсов на территории округа необходимы данные об особенностях влияния и устойчивости древесных растений к антропогенным факторам среды. Поэтому изучение этой проблемы является весьма актуальным.

Важным показателем жизнеспособности древесных растений является развитие и функциональное состояние их ассимиляционного аппарата. Особенности его развития определяют процессы фотосинтеза, транспирации, дыхания и биологическую их продуктивность. Одним из маркеров уровня антропогенной загрязненности территории может служить пигментный состав листьев.

Исследования выполнены на лицензионной территории Самотлорского месторождения (Ханты-Мансийский автономный округ, Нижневартовский район, на расстоянии 30 км от г. Нижневартовска). Почвенный покров в районе проведения исследований отличается специфичностью условий почвообразования. Большую часть территории занимают болотные верховые, переходные и низинные почвы. Они формируются в условиях постоянного увлажнения под болотной растительностью. Характерной особенностью данных почв является накопление мощного слоя торфа. Эти почвы характеризуются кислой реакцией среды, с неблагоприятным воздушным, тепловым, водным режимами и обеспеченностью питательными веществами. Почвообразующие породы представлены четвертичными отложениями различной мощности – песком, супесями, суглинками [4]. Пробные площади (ПП) закладывались в естественных насаждениях сосны обыкновенной в условиях нефтяного загрязнения почвы (рис. 1). Отбор образцов хвои (1-4 года жизни) проводили с 25-30-летних деревьев в июле 2015 г.

Геоботаническое описание растительных сообществ проводилось по стандартной методике

Кулагин Алексей Юрьевич, доктор биологических наук, профессор. Кулагин Алексей Юрьевич, доктор биологических наук, профессор. E-mail: coolagin@list.ru
Шаяхметова Раиса Иршатовна, инженер-техник. E-mail: 19raj83@rambler.ru

Раменского [7]. Все исследуемые ПП были проанализированы, сходные по своим параметрам – объединены по видовому составу и проективному покрытию. Названия видов высших растений даны по С.К. Черепанову [10]. Расчет проективного покрытия приведен в процентах (%). Определялось содержания пигментов в хвое сосны обыкновенной, произрастающей в условиях нефтяного загрязнения почвы. Содержание хлорофиллов (*Chl a* и *b*) и каротиноидов (*Car*) в хвое *Pinus sylvestris* (L.) определяли на спектрофотометре *SPECORD 30 Analytik jena* (Германия) в ацетоновых экстрактах (поглощение 662, 644 и 470 нм, соответственно) по общепринятой методике [1, 8]. Концентрацию пигментов рассчитывали по формуле Хольма-Веттштейна [14].

Сообщества верхового болота представлены сосново-кустарничково-сфагновыми (*Sphagnum pinetofruticulosum*) ассоциациями (табл. 1). Древесный ярус представлен в основном молодым сосняком, с примесью сосны сибирской и березы повислой. Кустарниковый ярус состоит из березы карликовой. Травяно-кустарничковый ярус составлен кустарничками: клюква болотная, брусника, мирт болотный, подбел обыкновенный, морошка, чуть меньше покрытие у пушицы влагалищной, пушицы узколистной, багульника болотного, голубки; по понижениям встречаются сабельник болотный, вахта трехлистная, хвощ топяной, а из осок: осока волосистоплодная, осока плетевидная, осока топяная, а также вейник незамеченный. Мохово-лишайниковый ярус состоит из сфагнума бурого, сфагнума узколистного, сфагнума Руссова, плевроциум Шребера, кладонии альпийской, кладонии мягкой.

При сопоставлении уровня содержания нефтепродуктов в почве (табл. 2) и содержания пигментов в хвое сосны (рис. 3) установлены некоторые особенности. Показано, что суммарное содержание хлорофиллов выше на участках с низким уровнем содержания нефтепродуктов в почвенном покрове. Наиболее высокое содержание *Chl a* было зафиксировано на контрольном участке (0,57 мг/г), а в условиях среднего и сильного нефтяного загрязнения почв (концентрация нефтепродуктов 29,45%, 35,93%) данный показатель достоверно снижался 0,11-0,06 мг/г (рис. 3). Такая же закономерность проявляется в содержании *Chl b*. В условиях среднего и сильного нефтяного загрязнения

снижается в на 0,38-0,23 мг/г в сравнении с показателем в контроле (2,08 мг/г). На участке со слабым нефтяным загрязнением содержание *Chl b* держится практически на одном уровне (1,93-1,71 мг/г). Полученные результаты свидетельствуют о чувствительности *Chl a*

сосны обыкновенной по сравнению с *Chl b*. Ранее, отмечалось, что у сосны в большей степени происходит снижение концентрации хлорофилла *b* и суммы хлорофиллов, а в меньшей степени – хлорофилла *a* [6].

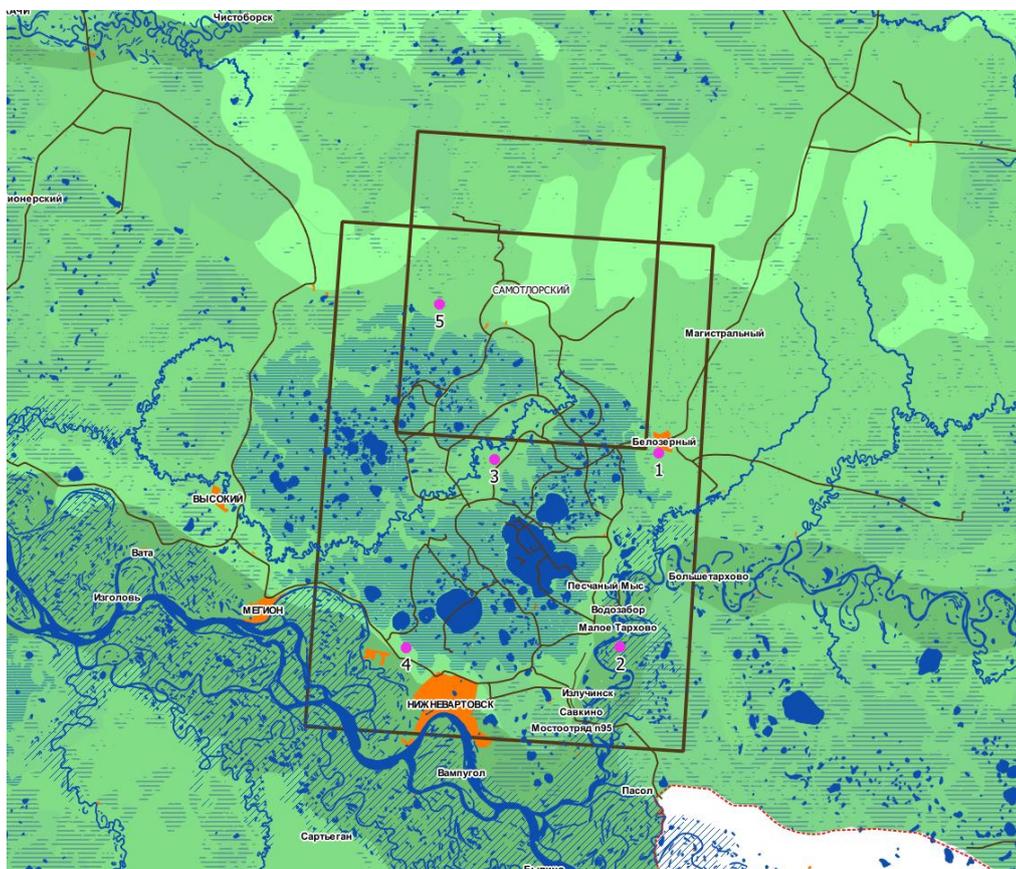


Рис.1. Расположение ПП на территории Самотлорского месторождения

Таблица 1. Видовой состав растений исследуемых сообществ (июль 2015 г.)

№ п/п	Вид	Проективное покрытие, %
1	2	3
контрольная площадка (сосняк кустарничково-сфагновый)		
общее проективное покрытие: 90%		
1	<i>Pinus sylvestris</i> (L.)	30
2	<i>Pinus sibirica</i> (Du Tour)	10
3	<i>Betula nana</i> (L.)	10
4	<i>Oxycoccus palustris</i> (Pers.)	15
5	<i>Rubus chamaemorus</i> (L.)	5
6	<i>Vaccinium uliginosum</i> (L.)	5
7	<i>Sphagnum fuscum</i> (Schimp.)	10
8	<i>Pleurozium schreberii</i> (Brid.)	5
ПП № 1 (сосняк багульниково-сфагновый)		
общее проективное покрытие: 95%		
1	<i>Pinus sylvestris</i> (L.)	15
2	<i>Betula nana</i> (L.)	5
3	<i>Ledum palustre</i> (L.)	10
4	<i>Menyanthes trifoliata</i> (L.)	5
5	<i>Equisetum fluviatile</i> (L.)	10
6	<i>Sphagnum angustifolium</i> (Warnst.)	10
7	<i>Sphagnum russowii</i> (Warnst.)	5

ПП № 2 (сосняк кустарничково-лишайниковый)		
общее проективное покрытие: 70%		
1	<i>Pinus sylvestris</i> (L.)	20
2	<i>Pinus sibirica</i> (Du Tour)	5
3	<i>Rubus chamaemorus</i> (L.)	10
4	<i>Oxycoccus palustris</i> (Pers.)	10
5	<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.)	5
6	<i>Andromeda polifolia</i> (L.)	5
7	<i>Cladonia alpestris</i> (L.)	5
8	<i>Cladonia mitis</i> (Sandst.)	5
ПП № 3 (сосняк осоково-сфагновый)		
общее проективное покрытие: 85%		
1	<i>Pinus sylvestris</i> (L.)	10
2	<i>Carex lasiocarpa</i> (Ehrh.)	30
3	<i>C. limosa</i> (L.)	20
4	<i>C. chordorrhiza</i> (Ehrh.)	7
5	<i>Poa palustris</i> (L.)	10
6	<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.)	5
7	<i>Pleurozium schreberii</i> (Brid.)	3
ПП № 4 (сосняк пушицево-сфагновый)		
общее проективное покрытие: 75%		
1	<i>Pinus sylvestris</i> (L.)	10
2	<i>Betula pendula</i> (L.)	5
3	<i>Eriophorum vaginatum</i> (L.)	30
4	<i>Eriophorum polystachyon</i> (L.)	20
5	<i>Comarum palustre</i> (L.)	7
6	<i>Equisetum fluviatile</i> (L.)	5
7	<i>Pleurozium schreberii</i> (Brid.)	3

Таблица 2. Содержание загрязняющих веществ в почвах на участках исследования (02.07.2015)

№ п/п	ПП	Определяемый показатель, единицы измерения						
		нефте-продукты, мг/кг	хлорид-ионы, мг/кг	pH _{водн} , ед.	железо, мг/кг	медь, мг/кг	свинец, мг/кг	марганец, мг/кг
1	контроль	92,00	49,70	4,40	170,00	0,33	0,12	3,14
2	1	258,00	35,50	3,00	129,00	0,43	0,95	19,07
3	2	887,00	67,50	6,00	210,00	0,34	0,34	28,43
4	3	2945,00	152,70	6,10	262,00	2,92	0,63	10,64
5	4	3593,00	85,20	6,70	105,00	0,50	0,32	34,77
погрешность результата измерения		< 25%	< 15%	0,1 ед. pH	< 20%	< 20%	< 20%	< 20%
нормативный документ на методику выполнения измерения		ПНД Ф 16.1:2.2.22-98	ГОСТ 26425-85	ГОСТ 26423-85	ПНД Ф 16.1:2.2.2:2.3.63-09			

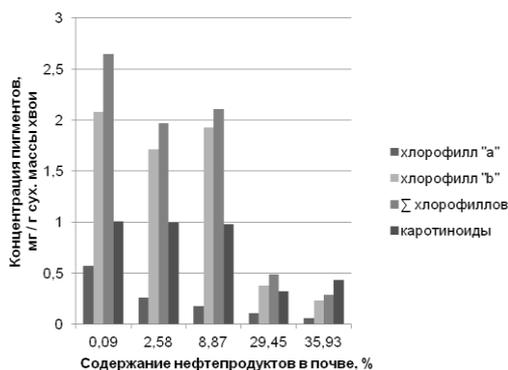


Рис. 3. Общее содержание пигментов в хвое *Pinus sylvestris* (L.) в условиях нефтяного загрязнения почвы

В публикациях А.А. Шлык, С.Е. Аллен, Н.К. Бордман и др. мы можем найти объяснение полученных нами результатов, в которых говорится о возможности *Chl b* выполнять защитную функцию. Избыточное поступление токсичных веществ, перегрев листовой пластинки неизбежно приводят к водному дефициту. Возможно, что недостаток воды и приводит к изменению отношения хлорофиллов. В рамках экспериментальных исследований ими установлено, что субстратом для формирования молекул *Chl b* являются вновь образованные, лабильные, так называемые «молодые» молекулы *Chl a*, которые в темноте, при действии специального фермента, превращаются в молекулы *Chl b* [9, 11, 12]. Это, с нашей точки зрения, может быть еще одним объяснением преобладающего разрушения *Chl a*.

Анализируя содержание каротиноидов в хвое сосны, можно сказать, что их содержание, произрастающей в условиях нефтяного загрязнения, достоверно снижается от 0,32 до 0,43 мг/г, соответственно, в сравнении с аналогичным показателем у сосны в условиях контроля (1,01 мг/г). У ряда авторов [2, 5] показано, что нефтяной стресс приводит к увеличению содержания каротиноидов, что является свидетельством адаптации растений к поллютанту. В наших исследованиях такой закономерности обнаружено не было.

У сосны обыкновенной в условиях среднего и сильного нефтяного загрязнения почв (концентрация нефтепродуктов 29,45%; 35,93%) по сравнению с контролем наблюдается уменьшение соотношения концентрации хлорофиллов *a* и *b* (рис. 4). На участках со слабым загрязнением почвы (концентрация нефтепродуктов 2,58%, 8, 87%) данный показатель выходит почти на уровне с контрольным. Соотношение суммы хлорофиллов *a* и *b* к каротиноидам у сосны на

исследуемых участках со средним и сильным уровнем загрязнения почвы превышает контрольный, тогда как на участках со слабым загрязнением почвы оно находится с ним практически на одном уровне.

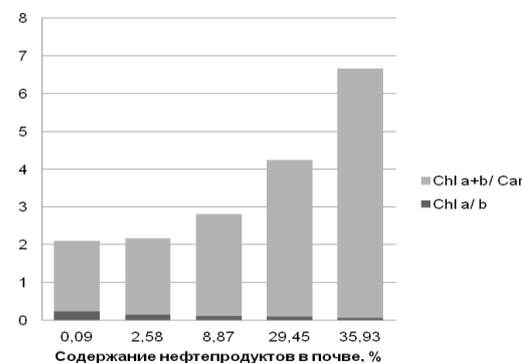


Рис. 4. Соотношения хлорофиллов и суммы хлорофиллов к каротиноидам в хвое *Pinus sylvestris* (L.) в условиях нефтяного загрязнения почвы

Выводы: загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами приводит к снижению общего содержания пигментов в хвое сосны обыкновенной. Рекультивация нефтяных загрязнений и оборудование шламовых амбаров не способствуют полной их изоляции.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект № 2148).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гавриленко, В.Ф. Большой практикум по фотосинтезу / В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова. – М.: Академия, 2003. 256 с.
2. Зайцев, Г.А. Сосна обыкновенная и нефтехимическое загрязнение: дендрэкологическая характеристика, адаптивный потенциал и использование / Г.А. Зайцев, А. Ю. Кулагин. – М.: Наука, 2006. 124 с.
3. Иванова, Н.А. Механизмы адаптации растений к нефтяному загрязнению почв / Н.А. Иванова, Л.Е. Корчагина // Растения в условиях глобальных и локальных природно-климатических и антропогенных воздействий. Тез. докл. Всерос. науч. конф. с междунар. участием и школы для молод. уч. (21-26 сентября 2015 г.). – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. С. 221-222.
4. Коркина, Е.А. Самовосстановление нарушенных техногенезом почв Среднего Приобья: Монография / Отв. ред. Г.Н. Гребенюк – Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2015. 158 с.
5. Лапина, Г.П. Влияние нефти на пигментный состав сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* / Г.П. Лапина, Н.М. Чернавская, М.Е. Литвиновский, С.В. Сазанова // Электронный научный журнал «Исследовано в России». 2007. С. 569-580.

6. Овечкина, Е.С. Влияние антропогенных факторов на содержание пигментов сосны обыкновенной в летне-зимний период на территории Нижневартовского района / Е.С. Овечкина, Р.И. Шаяхметова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 6. С. 236-241.
7. Раменский, Л.Г. Учет и описание растительности (на основы проективного покрытия). – М.: Изд. ВАСХНИЛ, 1937. 100 с.
8. Шлык, А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии. Под ред. О.А. Павлиновой. – М.: Наука, 1971. С. 154-170.
9. Шлык, А.А. Метаболическое проявление гетерогенности хлорофилла в зеленом растении / А.А. Шлык, Г.Н. Николаева // Биофизика. 1963. Т.8, вып.2. С. 201-211.
10. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
11. Allen, С.Е. Methodology for the separation of plant lipids and application to spinach leaf and chloroplast lamellae / С.Е. Allen, P. Good, H. F.Davis et al. // J. Amer.Oil Chem. Sos. 1966. V. 43, N 4. P. 223-231.
12. Boardman, N.K. In: The Chlorophylls (Ed by L.P. Vernon and G.R. Seely) Academic Press, New York, 1966. P. 437-479.
13. Von Wettstein, P. Chrofyll – letal und der submicroscopische Form wechsel der Plastiden // Exp. Cell Res. 1957. V. 12. P. 27-31.

PECULIARITIES OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS CONTENT IN THE *PINUS SYLVESTRIS* (L.) NEEDLES IN CONDITIONS OF OIL POLLUTION

© 2016 A. Yu. Kulagin¹, R.I. Shayakhmetova²

¹Ufa Institute of Biology RAS

²Nizhnevartovsk State University

At estimation the oil polluted and recultivated lands two main parameters are used – oil content in the soil and vegetation state. The change of vegetation state is observed in violation of its physiological and biochemical properties, that expressed in decrease of plants protective components. It revealed that at pine, exposed to oil impact, the quality characteristics of pigments and pigments content has changed, particularly the decrease of chlorophyll *a* and ratio between chlorophyll *a* and chlorophyll *b*.

Key words: scotch pine, needles, chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, carotinoids, oil pollution, plant community, geobotanical description

Aleksey Kulagin, Doctor of Biology, Professor.

E-mail: coolagin@list.ru

Raisa Shayakhmetova, Engineer Technician.

E-mail: 19raj83@rambler.ru