

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ И ПИГМЕНТОВ В ХВОЕ *PINUS SYLVESTRIS* L. В УСЛОВИЯХ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

© 2015 О.Л. Цандекова, О.А. Неверова

Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово

Поступила 15.03.2015

Проведены исследования состава основных компонентов эфирного масла и содержания пигментного комплекса хвои *Pinus sylvestris* L. в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский». В составе эфирного масла идентифицировано 57 компонентов, причем наибольшее накопление принадлежит терпеновым соединениям. В хвое *Pinus sylvestris* L. максимальное накопление пигментов отмечено в июле, в течение вегетации содержание хлорофиллов превышало количество каротиноидов.

**Ключевые слова:** *Pinus sylvestris* L., эфирные масла, хлорофиллы, каротиноиды, породный отвал.

Горнодобывающая промышленность в Кузбассе приводит к сокращению природных ресурсов в результате деградации растительного покрова. Для предотвращения истощения природных ресурсов, особенно лекарственного назначения, необходимо их тщательное изучение, рациональное и комплексное использование, поиски новых источников. В связи с этим, актуальной становится проблема поиска дополнительного ресурсно-сырьевого потенциала лекарственных растений и изучение особенностей накопления в них биологически активных веществ.

В последние годы большое внимание ученые и медики уделяют изучению природы биологической активности отдельных компонентов растительного сырья и механизмов их воздействия на живой организм. К наиболее важному классу биологически активных соединений относятся эфирные масла и пигментный комплекс. Они являются активными метаболитами обменных процессов, протекающих в растительном организме. Эфирные масла – сложная смесь терпеновых углеводородов и их производных, продуцируемых в условиях жизнедеятельности самого растения [7]. Они способствуют предохранению растения от чрезмерного нагревания днем и переохлаждения ночью, а также участвуют в регуляции транспирации. Наиболее богатый компонентный состав имеет эфирное масло из сосновой хвои, который включает монотерпены (75,3%), сесквитерпены (15,8%), кислородсодержащие соединения (8,3%), кислоты (0,4%), фенолы (0,1%). Основными компонентами эфирного масла сосны являются  $\alpha$ - и

$\beta$ -пинен, камфен, сабинен, лимонен, 3-карен,  $\alpha$ - и  $\beta$ -фелландрен, мирцен, оцимен, туйен, камфора, кариофиллен, борнилацетат [6, 13]. По мнению ряда авторов, содержание пигментов является показателем потенциальной фотосинтетической способности растений и служит индикатором общего состояния растительного организма, кроме того, вытяжка хлорофиллов используется в фармакологии [5, 8, 11, 12]. В связи с широким использованием *Pinus sylvestris* L. для рекультивации породных отвалов, она является ресурсной базой для получения хозяйственно ценных веществ, в частности эфирных масел и пигментов. В литературе недостаточно сведений о содержании биологически активных соединений у хвойных пород деревьев, произрастающих на техногенно измененных территориях, поэтому работа является актуальной.

Цель нашей работы – анализ содержания эфирных масел и пигментов в хвое *Pinus sylvestris* L. в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский». В задачу исследований входило изучение фракционного состава эфирных масел и количественного содержания пигментного комплекса (сумма хлорофиллов ( $X$ ) ( $a+b$ ), сумма каротиноидов ( $K$ ), соотношение ( $X/K$ ) хвои сосны обыкновенной.

**ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проведены на базе Института экологии СО РАН и НИОХ СО РАН. Объектом исследования служила *Pinus sylvestris* L. 10-15 летнего возраста. Площадки наблюдений (ПН) выбраны на породном отвале угольного разреза «Кедровский»: ПН1 – спланированный отвал с нанесением потенциального плодородного слоя почвы (ППС), ПН2 – межотвальная впадина без нанесения ППС, ПН3 – спланированный отвал без нанесения ППС. Возраст отвала 30 лет, в 2004 г. проведен комплекс работ по его планировке. Породы отвала представлены песчаником (60%), алевролитами (20%), аргиллитами (15%), суглин-

Цандекова Оксана Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории экологического биомониторинга ИЭЧ СО РАН, biomonitoring@bk.ru; Неверова Ольга Александровна, доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией экологического биомониторинга ИЭЧ СО РАН, Nev11@yandex.ru

ками и глинами (5%). По агрохимическим показателям эмбриоземы всех площадок характеризуются высокой обеспеченностью обменным калием (100...240 мг/кг) и низкой обеспеченностью подвижным фосфором (10...50 мг/кг). На ПН1 и ПН2 отмечена средняя обеспеченность нитратным азотом (9,5...13,8 мг/кг). Эмбриоземы ПН3 характеризовались самыми низкими значениями обменного фосфора и нитратного азота (10...20 и 3,6...6,0 мг/кг соответственно).

Подготовка образцов для анализа. Анализируемую смесь (1-10мкл) растворяли в 500 мкл ацетона, к полученному раствору добавляли 100 мкл гексанового раствора смеси, содержащей равные весовые количества нормальных углеводов  $C_8, C_9 \dots C_{24}$  суммарной концентрации 0,1%. Хромато-масс-спектрограммы регистрировались на приборах Agilent 5973N (НИОХ СО РАН) и Agilent 5973N EI/PCI (Факультет естественных наук, Новосибирский государственный университет). Разделение компонентов исследуемых эфирных масел проводили на газовых хроматографах серии Agilent 6890, входящих в состав упомянутых хромато-масс-спектрометрических систем. Разделение осуществляли на кварцевой капиллярной колонке HP-5ms длиной 30 м и внутренним диаметром 0,25 мм, неподвижная фаза – сополимер 5%-дифенил-95%-диметилсилоксан, толщина пленки неподвижной фазы 0,25 мкм. Температура испарителя – 280°C, объем пробы – 1 мкл, разделение потока 100:1. Температурный режим колонки: 50°C (2 мин) – 50-240°C (4 °/мин) – 240-280°C (20 °/мин) – 280°C (5 мин).

Газ-носитель – гелий с постоянным потоком 1 мл/мин. Температура интерфейса между хроматографом и масс-селективным детектором – 280°C. Масс-спектры регистрировались на квадрупольном масс-спектрометре HP MSD 5971 при ионизации электронным ударом с энергией ионизирующих электронов 70 эВ. Данные собирались со скоростью 1,9 скан./сек в диапазоне 30-650 а.е.м. (Agilent 5973N) или 3 скан./сек в диапазоне области 29-500 а.е.м. (Agilent 5973N EI/PCI). Задержка между вводом пробы в испаритель хроматографа и началом записи хромато-масс-спектрограммы составляла 3,0 мин. Вычисление линейных индексов удерживания  $J_x$  проводили по формуле:

$$J_x = J_n + 100k \frac{t_{R_x} - t_{R_n}}{t_{R(n+k)} - t_{R_n}},$$

где  $J_n = 100n$  – индекс удерживания  $n$ -алкана, содержащего в молекуле  $n$  атомов углерода;  $t_R$  – абсолютные времена удерживания компонентов;  $t_x$  – время удерживания исследуемого вещества;  $t_n$  и  $t_{(n+k)}$  – времена удерживания ближайших реперных  $n$ -алканов, с числом атомов углерода соот-

ветственно  $n$  и  $n+k$ , причем обычно  $t_n < t_x < t_{(n+k)}$ . Компоненты исследуемых смесей идентифицировали по полным масс-спектрам, значениям линейных индексов удерживания, приведенных в руководстве [4]. Количественный анализ выполняли методом внутренней нормировки по площадям газохроматографических пиков без использования корректирующих коэффициентов. За 100% принимали сумму площадей пиков компонентов с линейными индексами удерживания в диапазоне 850-2000.

Содержание фотосинтетических пигментов (сумма хлорофиллов ( $X$ ) ( $a+b$ ), сумма каротиноидов ( $K$ ), соотношение ( $X/K$ ) в хвое сосны определяли спектрофотометрическим методом (с использованием спектрофотометра LEKI SS 1207) в трехкратной повторности и рассчитывали по формулам *Mac-Kinney* и *Wettstein* [1]. Статистический анализ данных выполнен с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.1 и Microsoft Office Excel 2007. Критическое значение уровня статистической значимости принималось равным 0,05. Описание количественных признаков в исследованных площадках наблюдений производилось с использованием средних арифметических и среднеквадратических (стандартных) ошибок среднего ( $M \pm m$ , где  $M$  – среднее, а  $m$  – ошибка среднего), среднеквадратических отклонений ( $\sigma_x$ ) и коэффициента вариации ( $v$ , %).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов хромато-масс-спектрометрического исследования хвои *Pinus sylvestris* L. показал, что в состав эфирных масел входит 59 компонентов, из них идентифицированы представители терпенов и терпеноидов, причем преимущество (37 компонентов) принадлежит соединениям первого класса (табл. 1).

Доминирование терпенов (монотерпенов и сесквитерпенов), наблюдаемых в нашем исследовании, согласуются с работами других авторов [10]. По литературным сведениям, монотерпеновая фракция эфирного масла, подавляющего большинства видов сосен, полученная из любого типа сырья (хвои, коры, древесины) одинаковая и включает в себя основные компоненты –  $\alpha$ - и  $\beta$ -пинен,  $\Delta^3$ -карен, лимонен и  $\beta$ -фелландрен [9]. Но количественное соотношение этих компонентов меняется и зависит от типа сырья, из которого извлечено масло, так и от типа сосны. На соотношение компонентов эфирного масла оказывают влияние и другие факторы: погодные условия вегетации растения, плодородие почвы на месте произрастания, северная или южная сторона дерева (освещенность кроны) и др.

Наши эксперименты и работы других авторов [7, 10] подтверждают высказывания о том, что одними из наиболее распространенных соединений в сосне обыкновенной являются пинены ( $\alpha$ -

и  $\beta$ -пинен) и  $\Delta^3$ -карен. Из монотерпенов идентифицировано 14 соединений, из них наибольшее количество составили  $\alpha$ -пинен (10,28-15,11%),  $\Delta^3$ -карен (7,11-7,57%), камфен (1,42-2,22%),  $\beta$ -пинен (1,19-1,72%),  $\beta$ -мирцен (0,58-0,68%).

Нами отмечено, что в эфирном масле доля монотерпеновой фракции уменьшалась, а сесквитерпеноидов – увеличивалась. На фоне общего уменьшения монотерпенов количество  $\alpha$ -пинена повышалось, что связано с биологической активной защитной функцией данного соединения для

сосны. Доля  $\Delta^3$ -карена в эфирном масле уменьшалась, что обусловлено в значительной мере его окислением. Некоторые исследователи отмечают взаимопротивоположную динамику изменения количества  $\alpha$ -пинена и  $\Delta^3$ -карена – при увеличении первого соединения уменьшается количество второго [3]. Нами выявлено, что в масле хвои сосны обыкновенной на исследуемых площадках доля  $\alpha$ -пинена преобладала над  $\Delta^3$ -кареном в 2,5-2,9 раза.

**Таблица 1.** Результаты хромато-масс-спектрометрического исследования хвои *Pinus sylvestris* L.

Наименование компонента	Площадки наблюдений		
	ПН1	ПН2	ПН3
1	2	3	4
<b>ТЕРПЕНЫ</b>			
<u>Монотерпены:</u>			
<u>Ациклические монотерпены:</u>			
$\beta$ -мирцен	0,76	0,54	0,94
транс- $\beta$ -оцимен	0,35	-	0,35
Всего ациклических монотерпенов	1,11	0,54	1,29
<u>Карбоциклические монотерпены:</u>			
лимонен+ $\beta$ -фелландрен	0,66	0,59	0,55
терпинолен	0,80	-	0,77
$\alpha$ -терпинен	0,05	+	0,05
$\gamma$ -терпинен	0,11	-	0,11
3-туйен	0,07	0,22	0,09
$\alpha$ -пинен	15,45	7,69	18,13
$\beta$ -пинен	0,95	1,22	1,55
камфен	2,13	1,61	3,35
сабинен	0,19	0,12	0,20
$\Delta^3$ -карен	6,14	2,62	6,33
трициклен	0,47	0,25	0,64
пара-цимол	0,05	0,22	0,07
Всего карбоциклических монотерпенов	27,07	15,08	31,84
<b>Всего монотерпенов</b>	<b>28,18</b>	<b>15,62</b>	<b>33,13</b>
<u>Сесквитерпены:</u>			
кариофиллен	2,00	1,71	1,89
гермакрен D	4,36	0,39	5,42
гермакрен A	1,03	0,35	0,89
гумулен	0,35	0,38	0,34
$\beta$ -элемен	0,45	0,58	0,39
$\beta$ -кубебен	0,17	0,27	0,25
4-эпи-кубебол+бициклогермакрен	3,83	1,50	3,87
$\alpha$ -копаен	0,35	0,55	0,43
$\beta$ -копаен	0,11	0,14	0,18
$\alpha$ -муролен	2,07	2,48	2,34
$\gamma$ -муролен	0,99	1,50	1,36
транс-кадина-1(6),4-диен	0,41	-	0,41
транс-кадина-1,4-диен	0,39	+	0,37
транс-муурола-3,5-диен	0,18	-	0,17
цис-муурола-3,5-диен	0,10	-	0,06
цис-муурола-4(14),5-диен	0,28	0,21	0,34
бицикросесквифелландрен	0,44	0,20	0,51
$\gamma$ -кадинен	5,10	7,74	5,98
$\alpha$ -кадинен	0,47	0,61	0,51
$\delta$ -кадинен+транс-каламенен	13,15	2,78	14,16
$\beta$ -бурбонен	0,15	0,21	0,30
аромандрен	0,15	0,30	0,27
$\beta$ -селинен	0,87	1,25	1,11
<b>Всего сесквитерпенов</b>	<b>37,4</b>	<b>23,15</b>	<b>41,55</b>
<b>ВСЕГО ТЕРПЕНОВ</b>	<b>65,58</b>	<b>38,77</b>	<b>74,68</b>

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Наименование компонента	ПН1	ПН2	ПН3
<b>ТЕРПЕНОИДЫ</b>			
<u>Спирты:</u>			
борнеол	-	0,23	0,05
$\alpha$ -терпинеол	+	0,17	+
4-терпинеол	0,05	0,20	0,10
транс-вербенол	-	0,67	-
1,10-ди-эпи-кубенол	0,26	0,43	0,27
1-эпи-кубенол	0,60	0,98	0,63
T-кадинол+T-муролол	6,53	8,50	6,15
$\alpha$ -кадинол	8,22	10,53	6,60
$\delta$ -кадинол	0,96	1,57	0,92
гермакрен D-4-ол+спатуленол	6,06	2,75	3,62
<u>Всего спиртов</u>	22,68	26,03	18,34
<u>Эфиры:</u>			
борнилацетат	1,95	6,42	3,98
окись кариофиллена	0,25	1,79	-
$\alpha$ -кубебен+ $\alpha$ -терпенилацетат	0,29	0,47	0,40
маноилоксид	0,06	0,20	+
<u>Всего эфиров</u>	2,55	8,88	4,38
<u>Альдегиды и кетоны:</u>			
миртеналь	-	0,37	-
кар-2-ен-4-он	-	0,11	-
кар-3-ен-2-он	-	0,11	-
кар-3-ен-5-он	-	0,58	-
вербенол	-	0,36	-
транс-2,3-эпокси-пинен ( $\alpha$ -пинен-эпоксид)	-	0,11	-
ундеканон-2	0,11	0,17	0,10
оплопанон	0,05	1,38	0,09
<u>Всего альдегидов и кетонов</u>	0,16	3,19	0,19
<b>ВСЕГО ТЕРПЕНОИДОВ</b>	25,39	38,1	22,91

Примечание: Символ «+» означает, что соответствующий компонент присутствует, но его содержание не превышает 0,05%; «-» - соединение отсутствует.

Из сесквитерпеновых соединений идентифицировано 23 соединения. В количественном отношении преобладающими сесквитерпенами в растительных образцах относятся  $\delta$ -кадилен+транс-каламенен (5,31-15,23%),  $\gamma$ -кадилен (4,69-8,82%), кариофиллен (2,61-3,01%), гермакрен D (1,06-6,35%), 4-эпи-кубебол+бициклогермакрен (2,37-5,71%),  $\alpha$ - и  $\gamma$ -муролен (1,08-2,39%) и  $\beta$ -селинен (0,87-1,91%), остальные компоненты этого класса встречаются в небольших количествах. Их соединений класса терпеноидов в опытных образцах выявлено 22 компонента, среди них обнаружены спиртосодержащие соединения, эфиры, альдегиды и кетоны. Наибольшее содержание отмечено по T-кадинолу+T-мурололу (5,78-6,42%),  $\alpha$ -кадинолу (5,47-7,24%), гермакрену D-4-ол+спатуленолу (4,54-6,28%) и борнилацетату (0,54-2,67%).

Уровень накопления компонентов эфирного масла в исследованных растительных образцах имеет некоторые отличия на различных площадках наблюдений. Однако качественный состав образцов вне зависимости от места произрастания остается однотипным (за исключением некоторых

компонентов), а изменяется только количественное содержание доминирующих веществ, что может свидетельствовать о генетически закрепленном свойстве исследованных хвойных образцов синтезировать определенный набор органических соединений. Наибольшее количество летучих соединений выявлено у хвойных образцов на спланированном отвале без нанесения ППС (ПН3) (91,64%), по сравнению с другими площадками наблюдений (ПН2 – 86,31%, ПН3 – 85,51%). Установлено, что по количественному содержанию сесквитерпенов доминировали образцы с третьей площадки наблюдений и превышали другие исследуемые площадки на 18% (ПН1) и 15% (ПН2), а по количеству монотерпенов и терпеноидов – образцы с первой площадки наблюдений на 13-16% и 11-29% соответственно.

Количественные характеристики пигментного комплекса хвои сосны показали, что концентрация суммы хлорофиллов и каротиноидов изменялась от минимальных значений в июне (0,28-1,17 мг/г) до максимальных – в июле (0,34-1,30 мг/г), с последующим снижением – в августе (0,31-1,10 мг/г). Выявлено, что у *Pinus sylvestris* L. количе-

ственное содержание зеленых пигментов в хвое превышало количество желтых в 2,3 раза. Наши исследования согласуются с работами других авторов. Так, в работе А.А. Кулагина [2] отмечено увеличение содержания пигментов в хвое сосны обыкновенной на отвалах Кумертуского бурого угольного разреза, в первой половине лета, причем максимум приходится на июль, при этом сумма хлорофиллов всегда больше количества каротиноидов.

Сравнительная характеристика концентраций фотосинтетических пигментов в хвое сосны показала некоторые отличия на исследуемых площадках. Для растений характерны максимальные значения суммы хлорофиллов и каротиноидов, произрастающих на спланированном отвале без нанесения ППС. Так, на участке ПН3 концентрация суммы хлорофиллов составила 1,19 мг/г, что выше на 44 и 4%, чем на ПН1 и ПН2, а сумма каротиноидов превысила другие ПН на 39 и 8% соответственно (табл. 2).

**Таблица 2.** Содержание пигментного комплекса в хвое *Pinus sylvestris* L. и средние статистические показатели на исследуемых площадках наблюдений

Площадки наблюдений	Сумма хлорофиллов (a+b) (мг/г сырого вещества)			Сумма каротиноидов (мг/г сырого вещества)			Соотношение X/K		
	M±m	σ <sub>x</sub>	v, %	M±m	σ <sub>x</sub>	v, %	M±m	σ <sub>x</sub>	v, %
ПН1	0,67±0,012	0,08	11,8	0,31±0,004	0,03	9,5	2,16±0,012	0,08	3,9
ПН2	1,14±0,021	0,14	12,5	0,47±0,005	0,03	6,9	2,43±0,026	0,17	7,1
ПН3	1,19±0,015	0,10	8,4	0,51±0,008	0,06	10,9	2,33±0,024	0,16	6,8

Отношение количества хлорофиллов к содержанию каротиноидов в хвое характеризует общее состояние ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной. Низкий уровень данного показателя свидетельствует о дисбалансе между основной и вспомогательной формами пигментов. Анализ полученных данных выявил, что соотношение пигментов X/K хвои сосны незначительно различался на всех площадках наблюдений и варьировал в пределах от 2,16 до 2,43. Полученные результаты показали, что данный показатель достаточно стабилен и колебания параметра слабо зависят от экологических условий места произрастания сосновых насаждений. Корреляционный анализ показал, что уровень накопления каротиноидов в хвое сосны обыкновенной на исследуемых площадках тесно коррелировал с содержанием хлорофиллов ( $r=+0,74$ , при  $p<0,05$ ,  $n=135$ ).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В хвое *Pinus sylvestris* L., произрастающей в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский», идентифицировано 57 компонентов в составе эфирного масла, причем наибольшее накопление принадлежит терпеновым соединениям. Выявлено, что максимум накопления пигментного комплекса в хвое сосны приходится на июль. В течение вегетации количественное содержание хлорофиллов превышало количество каротиноидов в 2,3 раза.

На спланированном отвале (ПН3) без нанесения потенциально плодородного слоя почвы накопление фотосинтетических пигментов и количество летучих соединений, особенно сесквитерпенов, выше, чем на других площадках наблюдений (ПН1 и ПН2), что можно рассматривать как адаптивную реакцию к неблагоприятным эдафическим условиям.

Результаты исследований показали, что хвоя *Pinus sylvestris* L., несмотря на неблагоприятные эдафические условия, богата эфирными маслами и пигментами. Для возможности использования хвои сосны, произрастающей на техногенно нарушенных территориях, необходимы дальнейшие исследования эколого-гигиенической безопасности сырья.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. М.: Академия, 2003. 256 с.
2. Кулагин А.А. Реализация адаптивного потенциала древесных растений в экстремальных лесорастительных условиях: автореф. дис. ...д-ра биол. наук: 03.00.16. Тольятти, 2006. 36 с.
3. Степень Р.А., Коловский Р.А., Калачева Г.С. Влияние техногенных выбросов на состояние пригородных лесов Красноярска // Экология. 1996. № 6. С. 410-414.
4. Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск: Офсет, 2008. 969 с.
5. Цандекова О.Л. Анализ содержания фотосинтетических пигментов в хвое *Pinus sylvestris* L. в условиях угольного отвала // Ботанические чтения: материалы III международной науч.-практич. конф. / отв. ред. Н.Н. Никитина. Ишим: Изд-во ИГПИ им. П.П. Ершова, 2013. С. 147-149.
6. Чекушкина Н.В., Невзорова Т.В., Ефремов А.А. Фракционный состав эфирного масла сосны обыкновенной // Химия растительного сырья. 2008. № 2. С. 87-90.
7. Шутова А.Г., Спиридович Е.В., Гаранович И.М., Неворова А.С., Ризевский С.В., Курченко В.П., Веевник Е.А. Эфирные масла представителей рода *Pinus*, интродуцированных в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси // Труды БГУ, 2010. Т. 4, Вып. 2. С. 226-236.
8. Di Vittorio A.V. Pigment-based identification of ozone-damaged pine needles as a basis for spectral segregation of needle conditions // Journal of Environmental Quality. 2009. Vol. 38 (3). P. 855-867.
9. Kainulainen P. J., Holopainen K. Concentrations of secondary compounds in Scots pine needles at different stages of decomposition // Soil Biology and Biochemistry. Vol. 34. Issue 1. 2002. P. 37-42.

10. Kupcinskiene E., Stikliene A., Judzentiene A. The essential oil qualitative and quantitative composition in the needles of *Pinus sylvestris* L. growing along industrial transects // Environmental Pollution. Vol. 155. Issue 3. 2008. P. 481-491.
11. Lichtenthaler N.K., Colowick S.P., Kaplan N.O. Chlorophylls and carotenoids – pigments of photosynthetic biomembranes // Methods in enzymology. San Diego: Acad. Press, 1987. Vol. 148. P. 350-382.
12. Neverova O.A., Tsandekova O.L. Photosynthetic capacity of woody plants as an indicator of total atmospheric pollution in an urban environment // Contemporary Problems of Ecology. 2010. T. 3. № 2. С. 141-143.
13. Neverova O.A., Tsandekova O.L., Domrachev D.V. Study of the Composition of Ether Oils from Pine Needles of *Pinus sylvestris* L. Growing in Various Edaphic Conditions of Kuzbass Surface Coal Mints Dumps // Global Journal of Pharmacology, 2014. № 8 (3). P. 415-419.
14. Tomislav B., Zvonimir U., Ljiljana G., Jadranka R., Zeljko P. Chlorophylls and carotenoids in needles of damaged fir (*Abies alba* mill.) from risnjak national park in Croatia // Acta biologica cracoviensia. Series botanica. 2003. Vol. 45 (2). P. 87-92.

**ANALYSIS OF THE CONTENT OF ESSENTIAL OILS AND PIGMENTS  
IN THE NEEDLES *PINUS SYLVESTRIS* L. IN THE CONDITIONS OF A COAL DUMP**

© 2015 O.L Tsandekova, O.A Neverova

Institute of Human Ecology of the SB RAS, Kemerovo

The investigations of the main components of the essential oil content and pigment complex conifer *Pinus sylvestris* L. have been made in a coal cut waste dump «Kedrovsky». 57 components were identified in the part of the essential oil, so that the largest accumulation belongs to terpene compounds. Maximum pigment accumulation in the needles of *Pinus sylvestris* L. was observed in July, during the growing season the content of chlorophyll exceeded the amount of carotenoids.

**Key words:** *Pinus sylvestris* L., essential oils, chlorophylls, carotenoids, coal dump.

---

*Tsandenkova Oksana Leonidovna*, the candidate of agricultural Sciences, scientific employee of laboratory of ecological biomonitoring. Institute of human ecology of the SB RAS, [biomonitoring@bk.ru](mailto:biomonitoring@bk.ru); *Neverova Olga Aleksandrovna*, doctor of biological Sciences, Professor, head of laboratory of ecological biomonitoring. Institute of human ecology of the SB RAS, [Nev11@yandex.ru](mailto:Nev11@yandex.ru)