

УДК: 574.5:581.132

©2013 Л.В. Захарихина<sup>1</sup>, Т.И. Корнилова<sup>1</sup>, Ю.С. Литвиненко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683002; e-mail [zlv63@yandex.ru](mailto:zlv63@yandex.ru)

<sup>2</sup> ООО ЭкоГеоЛит, Москва, 119330;

## ВАРИАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТВЕ РАСТЕНИЙ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ И ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РАБОТ (КАМЧАТКА)

**Аннотация.** При проведении экологического мониторинга геологоразведочных и горнодобывающих работ в условиях Камчатки опробован метод определения хлорофилла в листе растений с применением раствора Гетри. Наиболее яркими биоиндикаторами состояния экосистем являются: в болотных ландшафтах – береза тощая и голубика обыкновенная; в лесном поясе – вейник Лангсдорфа; в стланиковом криволесье – ольховый стланик. Вблизи и на недавно образованных рудных отвалах установлено усиление фотосинтезирующей деятельности, вероятно, как следствие защитной реакции на стрессовые условия. Со временем включается биохимический адаптационный механизм и в большинстве растений, произрастающих в зоне давнего техногенного воздействия, а также в пределах естественных геохимических аномалий, интенсивность фотосинтеза восстанавливается до уровня, близкого к фону.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, растения, геохимические аномалии, хлорофилл.

### ВВЕДЕНИЕ

Знание особенностей изменения биохимических показателей для растений в зонах воздействия геологоразведочных и горнодобывающих работ относительно фона может быть использовано при разработке методологии комплексного экологического мониторинга. Колебания содержания фотосинтетических пигментов в растениях служат хорошим показателем степени техногенного воздействия, позволяющим оценить возможные пути адаптации к нему растений, а также осуществлять нормирование и прогнозирование антропогенных нагрузок. Это весьма актуально для Камчатского региона, где наряду с продолжающимися поисками и разведкой рудных месторождений, началось их активное промышленное освоение.

На основе данных комплексного экологического мониторинга на четырех рудопроявлениях Камчатки установлены закономерности распределения содержания хлорофилла в листе различных растений в зонах с повышенными содержаниями рудных и сопутствующих им элементов в питающих (естественных и техногенных) средах.

Для решения этой задачи были получены фоновые количественные характеристики содержания хлорофилла в листе растений и установлены уровни отклонений этих содержаний относительно фона в пределах природных и техногенных геохимических аномалий. По результатам исследований выявлены наиболее биохимически-чувствительные к загрязнению региональные растения.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на одном месторождении и двух проявлениях сульфидных медно-никелевых руд и в пределах одного золоторудного поля. Данные типы оруденений широко распространены на Камчатке.

Все изученные сульфидные медно-никелевые объекты расположены в пределах Камчатской никеленосной провинции в западных отрогах Срединного хребта Центральной Камчатки. Месторождение Шануч и рудопроявление Геофизическое приурочены к междуречью рек Ичи и Шануч, рудопроявление Тундровое расположено в районе среднего течения р. Левый Кихчик. Озерновское золоторудное поле находится в северо-восточных предгорьях Срединного хребта Камчатки в междуречье рек Левая Озерная и Перевальная (рис. 1).



**Рис. 1.** Обзорная карта района работ. 1, 2 – районы рудопроявлений: 1 – сульфидных медно-никелевых, 2 – золоторудного.

Рудные тела месторождения Шануч расположены в нижней части северного склона горного массива Верхняя Тхонжа. К подножью горы примыкает южная окраина низинного болота (далее Шанучское болото), которое с севера ограничено долиной реки Шануч. Воды ручьев, стекающих с северного склона горного массива, впадают в это болото и далее, после фильтрации через торфяник – в реку Шануч. Один из таких мелких водотоков – ручей Ралли, размывавший до начала горнодобычных работ выходы на поверхность окисленных руд, поставлял в Шанучское болото повышенные количества рудных элементов. Приблизительно за 25 лет до проведения данных биохимических исследований в долине ручья Ралли, в зоне выходов рудных тел выполнялись геологоразведочные земляные работы. Вскрытый ими мелкозем, обогащенный рудными и сопутствующими элементами, был перемещен склоновыми и аллювиальными процессами к подножью горы. В результате на южной окраине Шанучского болота образовался техногенный конус выноса ручья Ралли площадью  $\sim 200\text{ м}^2$  (рис. 2, а).

В данной работе приводятся сведения о содержаниях хлорофилла в болотной растительности, попавшей под воздействие техногенного наносного субстрата и продолжавшей на момент исследований испытывать влияние вод ручья Ралли, обогащенных рудными элементами.

Медно-никелевое рудопроявление Геофизическое расположено в 6 км юго-восточнее горно-добычного участка месторождения Шануч. Оно занимает южные отроги горного массива Ясная, пространственно сопряженного через сквозную долину ручьев с горой Верхняя Тхонжа. За два года до проведения наших исследований на рудопроявлении в интервале высот от 425 до 475 м проводились геологоразведочные буровые работы, сопровождающиеся прокладкой проездов к буровым площадкам. В результате на склоне горы сформировался участок нарушенного каменно-березового разнотравно-кустарникового леса площадью  $\sim 0,01\text{ км}^2$ . Были вскрыты, перемещены и перемешаны подповерхностные срединные горизонты почв и подстилающие их, обогащенные рудными элементами ожелезненные породы. Исследования проведены непосредственно на нарушенных местообитаниях. Изучено содержание хлорофилла в листве вновь образованной травяной растительности и представителей древесной флоры, сохранившейся от естественного леса.

На сульфидном медно-никелевом рудопроявлении Тундровое рассмотрено влияние на содержание хлорофилла в листве растений естественных геохимических аномалий рудных элементов в почвах. В качестве их источника здесь выступает медно-никелевая минерализация, приуроченная к двум небольшим массивам габбро-гипербазитов, расположенным примерно на одном гипсометрическом уровне в 600 м друг от друга. Содержание хлорофилла в листве растительности ольхово-стланикового пояса изучено на высоте 750 м в зоне влияния рудной залежи № 1.

Все рудные тела и их первичные геохимические ореолы на Озерновском золоторудном поле распространены преимущественно в поясе ольховых стлаников. Исследования растений на предмет содержания в них хлорофилла проведены здесь в зоне влияния богатых рудных тел наиболее перспективного участка БАМ, вблизи старой (проходка завершена примерно 20 лет назад) геологоразведочной штольни (рис.2, б). Изучены растения, заселяющие старый штольневой отвал.

В качестве фоновых характеристик на всех рудопроявлениях и месторождениях приняты содержания хлорофилла в аналогичных растениях, произрастающих вне явных естественных и техногенных геохимических аномалий в сходных ландшафтных условиях.

На территориях, где проводились биохимические исследования растительного покрова, для характеристики питающих сред осуществлялась оценка эколого-геохимического состояния почв и техногенных грунтов по суммарному показателю загрязнения  $Z_c = \sum K_{ci} - (n-1)$ , где  $K_{ci}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го микроэлемента в контролируемой среде, равный отношению его фактического содержания в точке наблюдения ( $C_i$ ) к местному фону ( $C_{fi}$ ),  $n$  – число элементов, включенных в расчет [3].



**Рис. 2.** Объекты исследований: а– техногенный конус выноса в районе месторождения Шануч; б – ситуационный план перспективного участка БАМ и штольневого отвала месторождения Озерновское.

Опробование растений на всех объектах проводилось в трехкратной повторности для каждого обследованного вида в конце летнего периода (конец августа). При отборе растительных проб так же, как и при отборе проб почв и грунтов, придерживались принципа максимально возможного усреднения образца для конкретной точки наблюдения. Почвенные и грунтовые пробы отбирались из поверхностного горизонта методом «конверта» [2]. Микроэлементный состав почв и грунтов для установления показателя  $Z_c$  определялся в аккредитованных химических лабораториях с применением полуколичественного эмиссионного спектрального анализа (ПКЭСА) для медно-никелевых объектов и ICP-MS (количественный масс-спектрометрический метод с индуктивно связанной плазмой) метода для золоторудного месторождения.

Содержание суммы хлорофилла определяли по изменению оптической плотности вытяжки (экстракта) пигментов с применением в качестве стандартного раствора препарата Гетри [1]. Учитывая научно-прикладную направленность настоящих исследований, было важно установить особенности изменения содержаний фотосинтетических пигментов в листе растений именно этим, наиболее простым и в некоторой степени «забытым» методом. Преимущества его перед

другими, более детальными методиками с определением хлорофиллов а и b и содержания каротиноидов спектрофотометрическим и хроматографическим способами [4], в быстроте, простоте выполнения и возможности применения в качестве экспресс-анализ в полевых условиях, что в большей степени приемлемо для выполнения ежегодных режимных мониторинговых наблюдений на техногенных объектах. Часть методики, включающая приготовление вытяжки пигментов, была опробована как в полевых, так и в лабораторных условиях. При необходимости фотоэлектроколориметрическое окончание анализа можно также выполнять в полевых условиях, используя заблаговременно приготовленную перед полевыми исследованиями искусственную шкалу стандартных растворов Гетри, помещенных в прозрачные емкости.

Навеску растительного материала (1-2 г) тщательно растирали в фарфоровой ступке с небольшим количеством ацетона в присутствии песка (для лучшего измельчения). Для предотвращения феофитинизации хлорофилла (за счет эндогенных кислот) в растираемую массу добавлялся также углекислый кальций. Приготовленную суспензию переносили на стеклянный фильтр №3 и фильтровали, добавляя небольшие порции ацетона до обесцвечивания фильтрата. Объем профильтрованного экстракта измеряли мерным цилиндром. Вытяжку сразу помещали в темный шкаф до анализа ее на фотоэлектроколориметре. В полевых условиях полученные фильтраты помещали в емкости из темного стекла.

Дальнейшие измерения проводили на фотоэлектроколориметре с красным светофильтром, оптическую плотность вытяжки хлорофилла определяли при длине волны 650 нм. Пересчет хлорофилла выполняли на основе калибровочного графика, при построении которого использовали раствор Гетри. Стандартный раствор Гетри по оптической плотности, определенной на фотоэлектроколориметре типа ФЭК-2 с красным светофильтром, соответствует раствору водорастворимых производных хлорофилла с концентрацией 85 мг/л. Измерения на фотоэлектроколориметре производили в трехкратной повторности, затем вычисляли средние арифметические значения оптической плотности. По полученным данным определяли концентрацию хлорофилла в опытных образцах по калибровочной кривой с последующим вычислением количества хлорофилла мг/г листа (сырой массы).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что содержания хлорофилла в листьях растений составляет обычно ~ 0,2–0,8% на сырую массу [5]. По результатам наших исследований в пунктах, заложенных вне зоны воздействия естественных и техногенных геохимических аномалий, средние содержания фотосинтетических пигментов в листьях разных растений варьирует в пределах ~ 0,27–0,55% (табл. 1).

В болотной растительности в зоне влияния месторождения Шануч эти характеристики для представителей разных растительных ярусов (от травяного до древесного) существенно не отличаются и составляют от 0,27% до 0,39%. При этом минимальные значения характерны для осоки придатконосной (*Carex appendiculata*), максимальные – для кустарника березы тощей (*Betula exilis Sukacz*). В лесном каменно-березовом поясе территории рудопроявления Геофизическое содержания хлорофилла в древесной и травянистой растительности близки (0,30–0,37%) и также существенно не варьирует по растительным ярусам.

В поясе стланикового криволесья, биохимические характеристики растений которого изучены в районах рудопроявления Тундровое и месторождения Озерновское, концентрации хлорофилла несколько выше, чем у представителей болотной и лесной флоры. Варьируют они в среднем от 0,31% до 0,55%.

При этом в западных отрогах Срединного хребта Камчатки (район рудопроявления Тундровое) содержание хлорофилла в листе растительности стланикового пояса выше, чем в аналогичных растениях в стланиковом ярусе северо-восточных предгорий Срединного хребта (Озерновское рудное поле) и составляют, соответственно, 0,48–0,53 % и 0,35–0,43 % хлорофилла. Вероятно, это объяснимо различными климатическими условиями – умеренно-континентальными избыточно увлажненными (годовой коэффициент увлажнения – 2.5) для западной Камчатки и переходными от умеренно-континентальных к морским на северо-востоке полуострова.

Таблица 1

Содержание хлорофилла в листьях растений, % на сырую массу

Растение	Сф вне зоны воздействия	Сi в зоне воздействия	Ci/Cф	Zc	
Сульфидное медно-никелевое месторождение Шануч (болотная растительность)					
Береза каменная	0.32	0.22	0.69	49	
Береза каменная (молодая живая ветвь на сухостое)		0.45	1.41		
Береза тощая		0.39	0.13		0.33
Ива красивая		0.32	0.21		0.66
Таволга Бовера		0.32	0.22		0.69
Голубика обыкновенная		0.36	0.17		0.47
Осока придатконосная		0.27	0.39		1.44
Сульфидное медно-никелевое рудопроявление Геофизическое (лесной каменно-березовый пояс)					
Береза каменная	0.34	0.54	1.59	428	
Ольха волосистая	0.36	0.71	1.97		
Ива козья	0.37	0.42	1.14		
Ива козья молодая ветвь		0.75	2.03		
Хамерион узколистый	0.33	0.46	1.39		
Польнь пышная	0.30	0.58	1.93		
Сульфидное медно-никелевое рудопроявление Тундровое (стланиковый пояс)					
Ольховый стланик	0.48	0.59	1.23	84	
Таволга Бовера	0.55	0.46	0.84		
ВейникЛангсдорфа	0.53	0.41	0.77		
Убогосульфидное золото-теллуридное месторождение Озерновское(стланиковый пояс)					
Береза каменная	0.35	0.35	1.00	132	
Ольха кустарниковая	0.43	0.51	0.84		
Таволга Бовера	0.31	0.32	0.97		
ВейникЛангсдорфа	0.38	0.15	2.53		

В зонах техногенных и естественных геохимических аномалий изменения содержания хлорофилла в листе исследуемых растений не имеют однозначной тенденции снижения или увеличения. На разных объектах исследований, в различных ситуациях и в зависимости от вида растений отмечается как снижение, так и повышение интенсивности процесса фотосинтеза.

Происхождение аномальных участков различно. В трех случаях это техногенно-образованные субстраты, два из которых старо-возрастные –25-летний пролювиальный нанос на месторождения Шануч и 20-летний штольневой отвал на месторождении Озерновское, один – сложен недавно-образованным, 2-летним отвальным грунтом в районе недавних геологоразведочных работ (рудопроявление Геофизическое).

На участке Тундровом рассмотрены биохимические особенности растительности, произрастающей на естественных почвах в зоне природной рудной геохимической аномалии.

Суммарный показатель загрязнения (Zc) питающих растительность сред варьирует в существенных пределах от 49 до 428 единиц (табл. 1). В состав элементов, содержания которых превышают фоновые значения, на медно-никелевых объектах входят: Ni, Cu, Co, Cr, Mo, Sn, Zn, Mn, Sn; на золоторудном месторождении – Te, As, Se, Sb, Cu.

В районе медно-никелевого месторождения Шануч на старо-возрастном техногенном пролювиальном конусе выноса ручья Ралли, обогащенном рудными и сопутствующими им элементами (Zc пролювия составляет 49), в зоне поступления рудничных вод наблюдается следующие закономерности изменения содержания хлорофилла в листе растений. Относительно аналогичных растений, произрастающих вне зоны техногенного воздействия, снижены содержания хлорофилла в: березе каменной (*Betula ermanii*), березе тощей (*Betula exilis*), иве

красивой (*Salix pulchra*), таволге Бовера (*Spiraea beauverdiana*) и голубике обыкновенной (*Vaccinium uliginosum*). При этом наиболее существенные падения содержаний хлорофилла относительно фона отмечаются для кустарников: березы тощей (в 3 раза) и голубики обыкновенной (в 2,1 раза). Повышения содержаний хлорофилла в сравнении с фоном установлены в осоке придатконосной (*Carex appendiculata*), а также в листьях молодой живой ветви, выросшей на сухом угнетенном дереве каменной березы. То есть, у древесной и кустарниковой растительности болотного ландшафта реакция на неблагоприятные условия существования проявляется в виде ослабления процесса фотосинтеза. В травянистой болотной растительности, в данном случае в осоке придатконосной, напротив отмечается активизация этого процесса.

На медно-никелевом рудопроявлении Геофизическое на нарушенных местообитаниях наблюдается зарастание обнаженных грунтов ольхой волосистой (*Alnus hirsuta*), ивой удской (*Salix udensis*), ивой козьей (*Salix caprea*) и разнотравьем, в котором преобладают полынь пышная (*Artemisi aopulenta*) и хамерион узколистный (*Chamerion angustifolium*). Проективное покрытие этих вторичных пионерных сообществ колеблется от 0 до 70–90%.

На недавно-образованном техногенном местообитании, суммарный коэффициент загрязнения питающей среды которого составляет 428 единиц, содержание хлорофилла в листе растений обнаруживает устойчивое превышение над фоновыми значениями. Содержания фотосинтетических пигментов относительно фона в 2 раза выше у ольхи волосистой; в 1,9 раз – у полыни пышной; в 1,6 раз у – березы каменной и в 1,4 раза – у хамериона узколистного. Кроме того, у ивы козьей, растущей вблизи подъезда к буровым площадкам, установлено превышение содержания хлорофилла в листе молодого побега относительно листьев, сформированных на старых ветвях этого дерева, в 1,8 раза.

Увеличение содержания хлорофилла в листе большинства исследованных растений связано с активизацией в них биохимических процессов и безусловно является реакцией на недавно возникшие стрессовые условия произрастания.

Другим проявлением реакции флоры на такой стресс является эффект наблюдаемой нетипичной морфологии растений нарушенного участка. Так молодой побег на старо-возрастном дереве ивы козьей, растущей непосредственно в зоне техногенно-измененного субстрата, имеет размер листьев, ~ в 5 раз превышающий средний размер листы на старых ветвях этого дерева (рис. 3).

Длина междоузльев на молодом побеге ~ в 3-5 раза больше обычной. Ива была частично засыпана отвальным грунтом, насыщенным рудными элементами, при строительстве подъезда к буровой площадке. Молодая ветвь на дереве сформировалась, по-видимому, после образования завала, о чем свидетельствует её аномальная морфология. На площади рудопроявления отмечаются также необычные морфологические особенности молодой поросли ольхи волосистой, заселяющей насыпной грунт. Выражается это в «гигантизме» (крупнолистность, длинные междоузлья) и визуальной наблюдаемой не обычной очень темно-зеленой окраске листы ольхи.

На Тундровом медно-никелевом рудопроявлении в зоне естественного повышенного содержания в почвах рудных элементов ( $Z_c=84$ ) содержания хлорофилла в листе кустарниковой и травяной растительности пояса стланикового криволесья относительно фоновых характеристик не обнаруживает существенных различий. Незначительно они снижены в листе кустарника таволги Бовера (*Spiraea beauverdiana*) и злака вейника Лангсдорфа (*Calamagrostis purpurea*) (в 1,2 и 1,3 раза соответственно) и повышены (в 1,3 раза) у ольхового стланика (*Alnus fruticosa*).

Старый штольневой отвал на территории Озерновского золоторудного поля имеет коэффициент суммарного загрязнения  $Z_c=132$ . Здесь установлены близкие к фону значения содержания хлорофилла у березы каменной и кустарника таволги Бовера, незначительное увеличение этого показателя в листе ольхи волосистой (в 1,2 раза), и снижение в 2,5 раза уровня содержания хлорофилла в листе вейника Лангсдорфа.



**Рис. 3.** Видоизменение морфологии молодой ветви ивы козьей (справа от рулетки) относительно старых веток этого дерева (слева от рулетки).

Таким образом, наиболее существенные изменения содержания хлорофилла в листе растений разных ландшафтов отмечены для двух ситуаций – недавно-образованные отвалы обогащенного рудными элементами грунта (рудопроявление Геофизическое) и старо-возрастной техногенный пролювиальный нанос, на который продолжают поступать воды ручья Ралли, дренирующего выше по течению выходы окисленных руд (месторождение Шануч).

В первом случае защитная реакция травяной растительности, вновь заселяющей отвальные грунты и – древесной, сохранившейся от естественного леса, выражается в однозначной тенденции усиления интенсивности процесса фотосинтеза, увеличения содержания хлорофилла в листе всех представителей флоры.

На старо-возрастном техногенном пролювиальном конусе выноса, образованном ручьем, продолжающим поставлять рудничные воды, для древесно-кустарникового яруса характерно снижение уровня содержания хлорофилла в листе, а в осике придатконосной наблюдается напротив повышение интенсивности фотосинтеза. При этом максимальные и существенные изменения по содержанию хлорофилла, в данном случае в болотном растительном сообществе, характерны для березы тощей и голубики обыкновенной.

Изменения содержания хлорофилла в растениях, произрастающих в пределах естественной геохимической аномалии на Тундровом медно-никелевом рудопроявлении малозначительны. Схожая ситуация характерна и для растений, заселяющих старый штольневой отвал на Озерновском рудном поле. Концентрации хлорофилла в листе растений в этих условиях снижены, но незначительно и, фактически близки к фону. Исключение составляет злак вейник Лангсдорфа, произрастающий на штольневом отвале. Уровень содержания хлорофилла в листе этого растения относительно фоновых значений снижен существенно.

Для обоих типов оруденения, во всех изученных ситуациях в случае присутствия в аномальных рудных зонах ольхи древесной или кустарниковой формы, отмечена активация в ней процесса фотосинтеза. Содержания хлорофилла в растении увеличено в 1,2 раза на старом штольневом отвале и в зоне естественной геохимической аномалии и, в 2 раза на недавно-образованных рудных отвалах.

В целом, интенсивность протекания фотосинтезирующей реакции зависит в большей степени не от степени загрязнения техногенного субстрата, а от его возрастных характеристик.

Чем моложе это образование, тем активнее проявляется реакция на негативные условия произрастания. В дальнейшем содержание хлорофилла в растительном организме отражает скорее не реакцию на изменения в питающей среде, а степень адаптации фотосинтезирующей клетки к новым экологическим условиям.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В болотной растительности западных отрогов Срединного хребта Центральной Камчатки содержание хлорофилла для представителей разных растительных ярусов (от травяного до древесного) существенно не различается и составляют от 0,27% до 0,39% на сырую массу. В лесном каменно-березовом поясе этой территории содержания хлорофилла также существенно не меняются по растительным ярусам – 0,30–0,37%. В поясе стланикового криволеся этого района, биохимические показатели растений несколько выше, чем в болотных и лесных сообществах, колеблются от 0,31% до 0,55%.

Севернее этой территории, в северо-восточных предгорьях Срединного хребта содержание хлорофилла в листе растительности, развитых также в стланиковом ярусе несколько ниже, чем в западном районе, составляют 0,31–0,43%, что, вероятно, связано с различиями в климатических условиях территорий.

Содержание хлорофилла в растениях, произрастающих вблизи и на недавно-образованных рудных отвалах на медно-никелевых рудопроявлениях, относительно фона повышено. Снижены эти характеристики в растениях, заселяющих старо-возрастной техногенный пролювиальный конус выноса, образованный 25 лет назад за счет разрушения выходов медно-никелевых руд, на который продолжают поступать воды ручья, дренирующего выходы окисленных руд. Близкие к фоновым значения установлены для растений, произрастающих в пределах естественной медно-никелевой геохимической аномалии. Для большинства растений, заселяющих старый (20-летний) штольневой отвал на территории золоторудного месторождения, характерен уровень содержания фотосинтетических пигментов также близкий к фоновым значениям. Установлено лишь существенное снижение содержания хлорофилла в вейнике Лангсдорфа,

Наиболее значительные изменения содержания хлорофилла в разных ландшафтах и зонах воздействия характерны для: березы тощей, голубики обыкновенной, вейника Лангсдорфа и ольхового стланика.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ21802-84 Паста хвойная хлорофилло-каротиновая. Технические условия, 1985. – 17 с.
2. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализ» , 1985. – 15 с.
3. Саг Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – С. 79–85.
4. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 154–171.
5. Lichtenthaler H. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Membranes // Methods Enzymol. V. 148. – 1987. – P. 350–382.

**THE VARIATIONS OF CHLOROPHYLL CONTENT IN PLANTS LEAVES IN THE ZONES OF GEOLOGICAL PROSPECTING AND ORE MINING WORKS (KAMCHATKA)**

©2013 L.V. Zakharikhina<sup>1</sup>, T.I. Kornilova<sup>1</sup>, Yu.S. Litvinenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Geotechnological Centre of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683002; e-mail [zlv63@yandex.ru](mailto:zlv63@yandex.ru)

<sup>2</sup> EcoGeoLit Co, Moscow, 119330;

During the ecological monitoring of geological prospecting and ore mining works in the conditions of Kamchatka the method of chlorophyll determination in the plants leaves with Getry solution use was given. The best ecoindicators of ecological systems conditions are lean(scraggy) birch and ordinary blueberry in a bog landscape; in forest belt this ecoindicator is pine purple grass (*Calamagrostis langsdorffii*); in elfin wood crooked forest it is alder elfin wood. Near and on recently formed ore stock piles there was fixed the increasing of photosynthesizing activity. It was probably as consequence of defense reaction for stress conditions. Over the time the biochemical adaptation mechanism in the major part of plants of the zone of late technogenic(human) impact appears. The same process is also within natural geochemical anomalies. The photosynthetic rate restores up to the level which is close to the background level.