

УДК 574.24

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ МЕДИ И КАДМИЯ НА ПИГМЕНТНЫЙ КОМПЛЕКС ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА *HYDROCHARITACEAE*

© 2010 А.А. Косицына¹, О.Н. Макурина², В.Н. Нестеров³, О.А. Розенцвет³

¹Самарский государственный областной университет (Наяновой), г. Самара

²Самарский государственный университет, г. Самара

³Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Поступила 11.11.2009

Исследовано влияние ионов меди и кадмия на пигментный комплекс водных растений семейства *Hydrocharitaceae* в условиях накопления металлов и в период последствий. Растения представляют собой различные экотипы: *Egeria densa* и *Hydrilla verticillata* - искусственно культивируемые растения, а *Elodea canadensis* - природный экотип. Показано, что под действием ионов меди и кадмия в концентрации 100 мкМ снижается концентрация хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов, меняется содержание хлорофилла в светособирающем комплексе. Хлорофилла *b* оказался более устойчивым к воздействию ионов меди и кадмия в сравнении с хлорофиллом *a* и каротиноидами. Длительность воздействия металлов на растения определяет эффективность реабилитации.

Ключевые слова: *Hydrocharitaceae*, водные растения, тяжелые металлы, хлорофилл, каротиноиды, светособирающий комплекс.

Наиболее информативными для характеристики функционального состояния и продуктивности растений считаются показатели фотосинтетического аппарата [1, 2]. Количество и соотношение пигментов в тканях растений определяют их физиологическое состояние, а также изменения, происходящие в процессе роста, развития и при различного рода стрессах [3, 4].

В последние десятилетия интенсивно изучается влияние на фотосинтетический аппарат растений антропогенных загрязнителей, таких как тяжелые металлы (ТМ) [5, 6]. Накопление ТМ растениями часто приводит к изменениям метаболизма. Среди токсических эффектов, которые ионы ТМ оказывают на фотосинтезирующую активность растений, следует отметить: ингибирование ферментов [7] и различных сайтов реакционных центров фотосистемы II (ФС II), усиление фотоингибирования [8], замедление функций пластоциана и др. [9].

Следует подчеркнуть, что в исследованиях, связанных с изучением влияния ионов ТМ, как правило, изучается их непосредственное действие на те, или иные процессы, оставляя без внимания такой важный аспект, как состояние растений в период последствий.

Медь (Cu) является незаменимым элементом для растений, поскольку входит в состав ряда металлосодержащих ферментов и принимает участие во многих жизненно важных процессах в клетке. Однако при ее содержании в среде в концентрациях, превышающих опти-

мальные, медь становится таким же токсикантом, как и кадмий (Cd), присутствие которого в тканях растений не является необходимым [10].

Целью данной работы стало сравнительное изучение состояния пигментного комплекса водных погруженных растений семейства *Hydrocharitaceae* при воздействии ионов меди и кадмия, а также в восстановительный период, когда действие металлов прекращается. Исследованные растения представляют собой различные экотипы. В частности, *Egeria densa* и *Hydrilla verticillata* выращивали в искусственных условиях, в то время как растения *Elodea canadensis* отбирались из естественных водоемов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования служили водные погруженные сосудистые растения *Elodea canadensis* Michx., *Egeria densa* (Planch.) Caspari, *Hydrilla verticillata* (L. fil.) Royle из семейства *Hydrocharitaceae* (водокрасовые), порядок *Alismatales* (частуховые), подкласс *Alismatidae* (алисматиды), класс *Monocotyledones* (однодольные).

Растения *E. densa* и *H. verticillata* выращивали в искусственных условиях на специализированных питательных средах, а *E. canadensis* отбирали из оз. Пляжное, которое находится на территории г. Тольятти.

Постановка эксперимента. Перед началом эксперимента побеги растений разрезали на фрагменты весом 3-4 г и помещали их в вегетационные сосуды объемом 1 дм³, содержащие отстоянную водопроводную воду. В опытные варианты добавляли соли Cu(NO₃)₂, Cd(NO₃)₂ в концентрации 100 мкМ. Используемая концентрация нитратных солей металлов вы-

Косицына Арина Алексеевна, аспирант; Макурина Ольга Николаевна, доктор биологических наук, профессор; Нестеров Виктор Николаевич, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник; Розенцвет Ольга Анатольевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, olgazen@pochta.ru.

брана, исходя из ранее исследованных концентрационных и временных зависимостей влияния ТМ на липидный, белковый и пигментный метаболизм водных растений [11]. Растения инкубировали в условиях освещения – 1400 ± 200 лк при 10-часовом световом дне и температуре 24°C . В данных условиях растения выдерживали 1, 3 или 10 суток. По истечении заданного времени часть растений промывали в проточной воде и использовали для анализов, а другую помещали в чистую воду и выдерживали 5 суток (период «реабилитации»). Эта часть растений служила для анализа ТМ и пигментов в постстрессовый период.

Методы исследования. Содержание хлорофиллов *a* и *b* проводили спектрометрическим методом на Specol (Чехия) в ацетоновой вытяжке и рассчитывали по формулам Lichtenthaler [12]. Расчет доли хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК) производили с учетом того, что, во-первых, весь хлорофилл *b* находится в ССК, и, во-вторых, соотношение хлорофиллов *a/b* в ССК равно 1,2 [4].

Содержание ТМ в тканях растений определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре МГА-915 (Россия) после мокрого озоления [13].

Статистическую обработку данных (среднее значение, стандартное отклонение) проводили с использованием стандартных статистических методов (достоверности Стьюдента).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования проводились на трех видах растений, которые относятся к одному семейству *Hydrocharitaceae* и одной и той же экологической группе водных погруженных растений. Следовательно, они являются наиболее близкородственными видами, как в систематическом, так и экологическом плане. *E. densa* и *H. verticillata* являются искусственно культивируемыми растениями в России, а *E. canadensis* – широко распространенным видом для местных водоемов. В данной работе использованы растения из его природной популяции. Можно

полагать, что исследованные растения представляют собой разные экотипы.

Согласно атомно-абсорбционному анализу, инкубация выбранных видов макрофитов в среде, содержащей ионы Cu и Cd, приводила к накоплению этих металлов в тканях растений. Аккумуляция Cu у *E. canadensis* составила 3,9-8,5 мг/г сухого веса, у *H. verticillata* – 5,0-9,6 мг/г, у *E. densa* – 5,9-8,4 (табл. 1). Максимальное содержание Cu для *E. canadensis* и *E. densa* наблюдалось после 10 суток экспозиции, а для *H. verticillata* – после 3 суток. В отличие от Cu максимальное накопление Cd зафиксировано в первые же сутки у *E. canadensis* и в третьи – у *H. verticillata*. В дальнейшем поглощения Cd не только не происходило, но часть металла, по-видимому, элиминировалась, поскольку его содержание через 3 и 10 суток было ниже, чем в первые сутки.

При перенесении растений в чистую воду (период реабилитации) содержание металлов в тканях уменьшалось. Доля оставшейся Cu составляла 21-26% от поглощенной за весь период инкубации для *E. canadensis* и свыше 30% – для *H. verticillata* в период реабилитации от 1 и 3 сутки воздействия. Уменьшение содержания металлов свидетельствовало в пользу их элиминации из растений, что подтверждалось анализами содержания ТМ после 5 суток реабилитации. Например, максимальное содержание Cu в тканях *E. densa* наблюдалось на 10 сутки эксперимента. Это превышало содержание металла в первые сутки на 30%, а на 3 сутки – на 18%. Анализируя данные по содержанию Cu во всех опытных растениях после периода реабилитации, можно увидеть, что наиболее эффективно процесс элиминации протекает для растений, выращиваемых в среде, содержащей Cu, в течение 3 суток (20-60%). Влияние ТМ на пигментный комплекс растений оценивали по концентрации хлорофиллов и каротиноидов, их соотношению, а также по содержанию хлорофилла в ССК.

Таблица 1. Содержание меди и кадмия в клетках растений семейства *Hydrocharitaceae* в зависимости от длительности воздействия (мг/г сухой массы)

Вид	Экспозиция, сутки	Инкубирование		Реабилитация	
		медь	кадмий	медь	кадмий
<i>Elodea canadensis</i>	0	<0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	1	$3,9 \pm 0,6$	$9,2 \pm 0,6$	$3,0 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,4$
	3	$6, \pm 1,2$	$5,6 \pm 0,8$	$5,3 \pm 1,3$	$2,7 \pm 0,1$
	10	$8,5 \pm 1,5$	$4,6 \pm 0,4$	$6,3 \pm 0,9$	$2,3 \pm 0,2$
<i>Egeria densa</i>	0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	1	$5,9 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,1$	$4,4 \pm 0,3$	$1,2 \pm 0,1$
	3	$6,9 \pm 0,4$	$4,2 \pm 0,3$	$5,2 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,1$
	10	$8,4 \pm 0,3$	-	$7,6 \pm 0,4$	$0,7 \pm 0,1$
<i>Hydrilla verticillata</i>	0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	1	$5,0 \pm 0,6$	$8,0 \pm 0,4$	$3,5 \pm 0,7$	$3,1 \pm 0,2$
	3	$9,6 \pm 1,1$	$10,2 \pm 0,5$	$3,8 \pm 0,6$	$5,4 \pm 0,2$
	10	$5,1 \pm 0,4$	$6,6 \pm 0,6$	$4,8 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,5$

Изменение количества зеленых пигментов в сравнении с контрольными вариантами представлено на рис. 1. При экспозиции растений с ионами Cu количество хлорофилла *a* снижалось на 10-80% в зависимости от вида растений и времени экспозиции. Наибольшая деградация

хлорофилла *a* наблюдалась при более длительной экспозиции для *H. verticillata*. Подобная тенденция, хотя и не столь интенсивная при кратковременной экспозиции в сравнении с ионами Cu, наблюдается и при действии Cd.

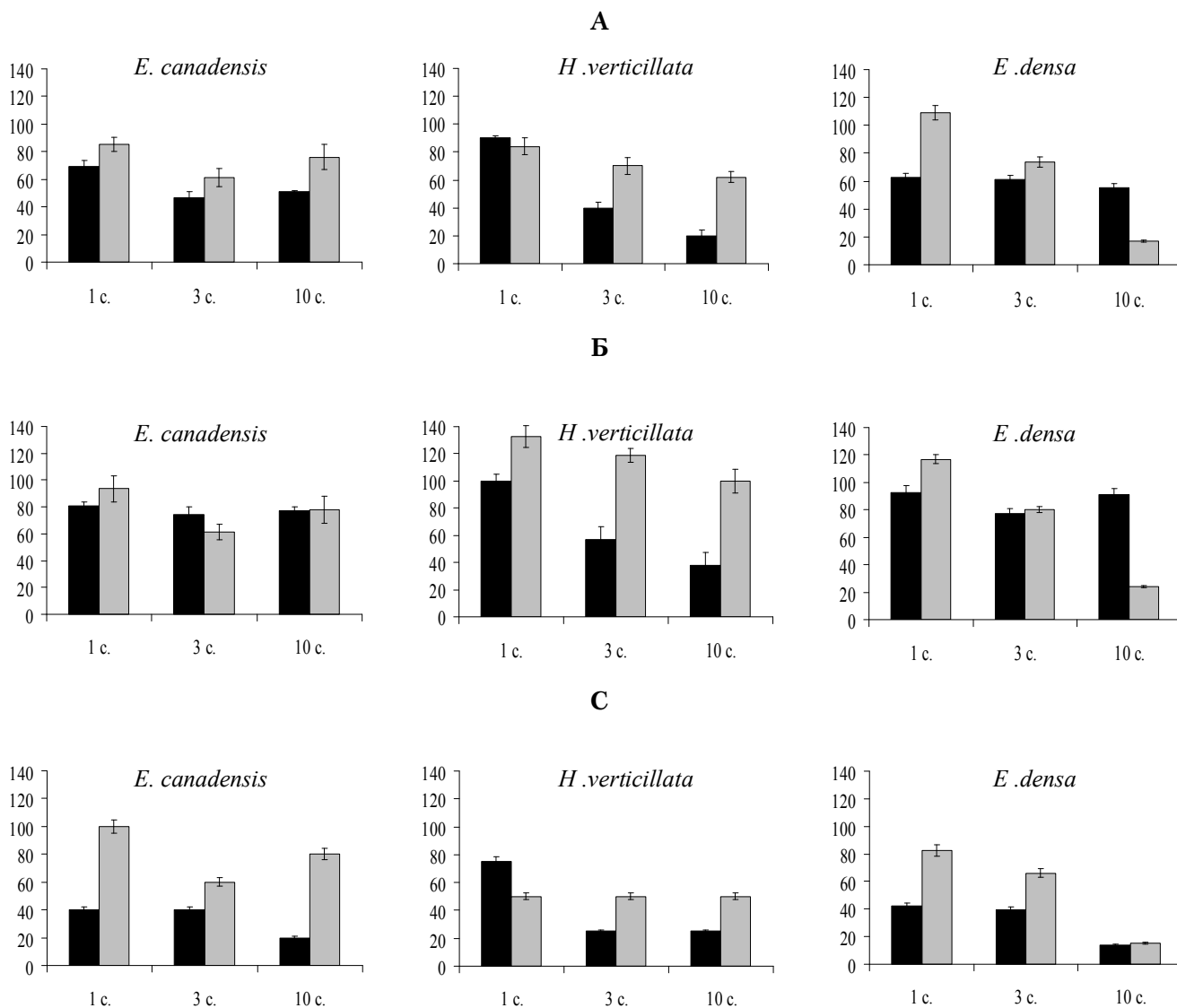


Рис. 1. Влияние ионов меди и кадмия на содержание хлорофилла *a* (А), *b* (Б) и каротиноидов (С), % от контроля. ■ -Медь, ■ - кадмий.

Содержание хлорофилла *b* также менялось под действием обоих металлов, однако изменения имели более умеренный и видоспецифичный характер. Например, под действием Cu уровень хлорофилла *b* для *E. canadensis* снизился на 19%, начиная с первых суток воздействия. У *E. densa* под действием этого же металла содержание хлорофилла *b* к 3 суткам эксперимента уменьшилось на 23%, а в дальнейшем проявилась тенденция к незначительному увеличению содержания данного пигмента.

При кратковременном влиянии Cd отмечено достоверно значимое увеличение содержания

хлорофилла *b* для *H. verticillata* (1-3 сутки воздействия) и *E. densa* (1 сутки). Но при более длительном воздействии уровень хлорофилла *b* снижался для *E. canadensis* и *E. densa* как в сравнении с контролем, так и в сравнении с кратковременным воздействием (рис. 1Б). Необходимо подчеркнуть, что для растений вида *E. canadensis*, которые представляют природный экотип, резкого изменения в содержании хлорофилла *b* отмечено не было.

В целом хлорофилл *b* оказался более устойчивым к действию Cu и Cd, чем хлорофилл *a*. Однако суммарное содержание хлорофилла *a* и *b* снижалось во всех экспериментах (табл. 2).

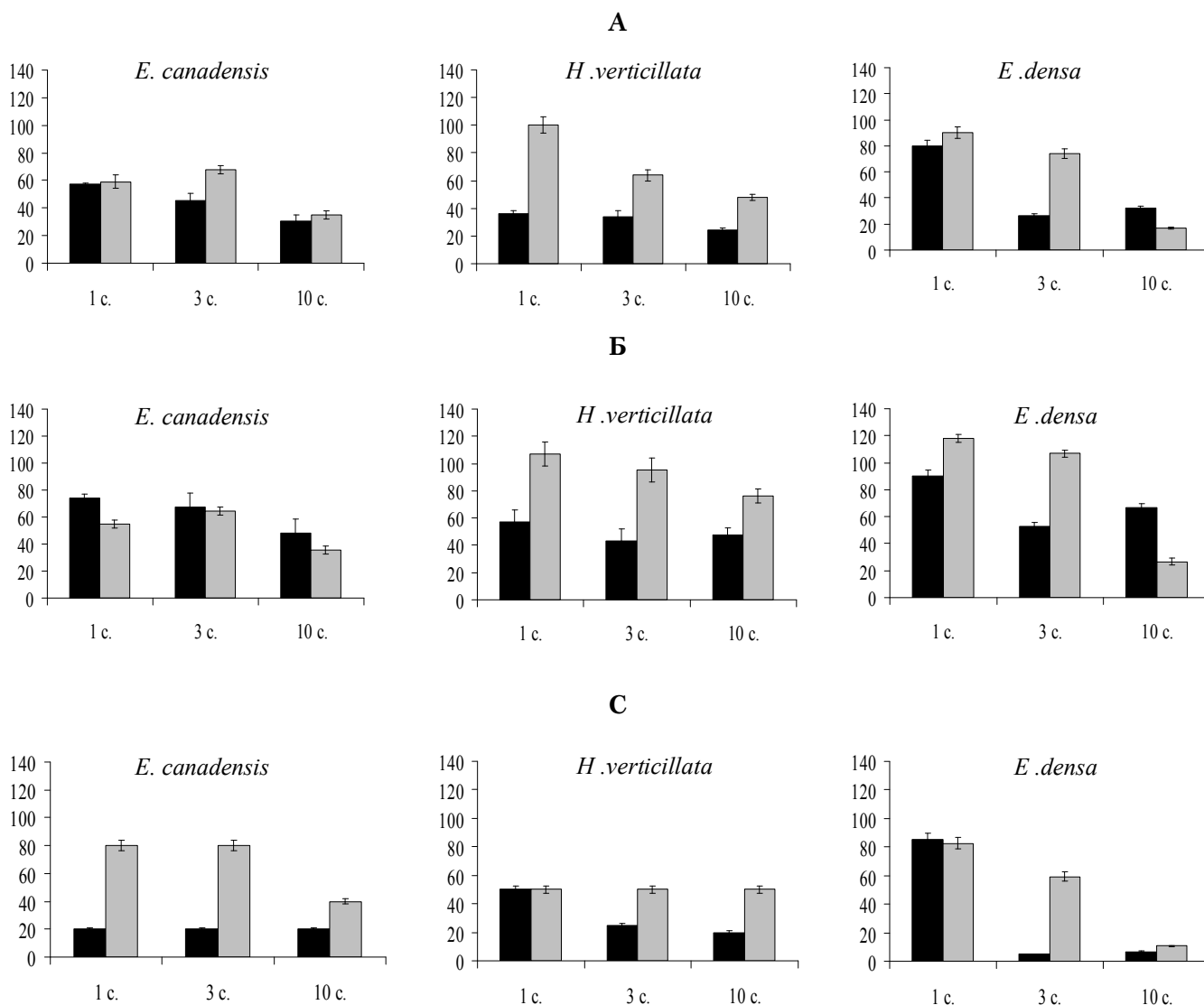


Рис. 2. Изменение содержания хлорофилла *a* (А), *b* (Б) и каротиноидов (С), % от контроля в период последствия. ■ – Медь, ▒ - кадмий.

Динамика содержания каротиноидов, как и хлорофиллов, зависела от вида экзогенного металла и вида растений. При действии Cu их количество снижалось по отношению к контролю более чем на 50%, начиная с первых суток воздействия для *E. canadensis* и для *E. densa* и с 3 суток – для *H. verticillata*. Аналогичная динамика содержания пигментов наблюдается и для растений при добавлении Cd.

Отношение хлорофилла *a* к *b* в контрольных опытах у разных видов варьировало в небольшом интервале – от 2,4 до 2,6. Под действием Cu отношение хлорофиллов *a/b* снижалось для всех видов растений. Под действием Cd изменение этой величины имело аналогичный характер для искусственно культивируемых растений (*E. densa* и *H. verticillata*) и оставалось практически неизменным для *E. canadensis*, представляющих природный экотип. Согласно представлениям Х. Лихтеналлера [12], изменения этого соотношения свидетельствует

о перестройке ультраструктуры хлоропластов, направленной на увеличение доли тилакоидов стромы или гран. Преобладание хлорофилла *a* формирует хлоропласты светового типа с преобладанием тилакоидов стромы, а хлорофилла *b* – хлоропласты с преобладанием тилакоидов гран. Можно предположить, что в условиях наших экспериментов также возможны аналогичные изменения в ультраструктуре хлоропластов. В изменении данного показателя просматривается зависимость от вида металла и экотипа растения.

Одним из показателей состояния пигментного комплекса хлоропластов, наравне с рассмотренными выше, является расчетная величина содержания хлорофилла в ССК от суммы хлорофиллов. При отсутствии металла в среде доля ССК для исследованных видов водных растений составляла 61,0-65,1% от суммы хлорофиллов. Анализ данных по величине пигментов ССК в условиях накопления металлов по-

казал, что эта величина лабильна, а ее изменение зависело от металла и вида растения. Под действием Cu отмечен одинаковый характер изменения – увеличение уровня пигментов ССК. Увеличивалась доля ССК и под действием Cd, но только для искусственно культивируемых растений, в то время как у *E. canadensis* эта величина практически не менялась. Основная функция пигментов ССК состоит в поглощении и передачи энергии квантов света в реакционные центры. Полученные нами результаты показывают, что у растений, испытывающих влияние ионов Cu и Cd, происходит изменение соотношения между комплексами реакционных центров фотосистем и ССК, что не может не сказаться на эффективности фотосинтеза.

Таблица 2. Влияние ионов меди и кадмия на содержание хлорофиллов в фотосинтетическом аппарате водных погруженных растений семейства *Hydrocharitaceae*

Вид	Металл/время	Аккумуляция			Реабилитация		
		Хл a+b	Хл a/b	% Хл ССК*	Хл a+b	Хл a/b	% Хл ССК*
<i>Eloдея canadensis</i>	Cu 0	1,06	2,4	64,3	1,06	2,4	64,3
	Cu 1	0,77	2,1	71,4	0,66	1,9	77,7
	Cu 3	0,58	1,5	87,2	0,55	1,6	84,0
	Cu 10	0,62	1,6	54,2	0,38	1,5	86,8
	Cd 0	1,06	2,4	64,3	1,06	2,4	64,3
	Cd 1	0,93	2,2	68,6	0,90	2,5	41,5
	Cd 3	0,65	2,4	64,3	0,71	2,5	62,0
	Cd 10	0,81	2,4	65,2	0,37	2,4	65,4
<i>Hydrilla verticillata</i>	Cu 0	0,71	2,4	65,1	0,71	2,4	65,1
	Cu 1	0,73	2,5	63,3	0,30	1,5	88,0
	Cu 3	0,32	1,7	82,5	0,26	1,9	76,1
	Cu 10	0,18	1,2	97,8	0,22	1,2	99,0
	Cd 0	0,71	2,4	65,1	0,71	2,4	65,1
	Cd 1	0,70	1,5	88,0	0,80	1,7	82,5
	Cd 3	0,60	1,4	91,7	0,52	1,6	84,6
	Cd 10	0,52	1,5	88,8	0,40	1,5	88,0
<i>Eloдея densa</i>	Cu 0	0,54	2,6	61,0	0,50	2,8	58,0
	Cu 1	0,39	1,8	79,0	0,52	1,3	96,0
	Cu 3	0,26	1,4	92,0	0,12	1,4	92,0
	Cu 10	0,27	1,1	107	0,17	1,1	106,0
	Cd 0	0,54	2,6	61,0	0,50	2,8	58,0
	Cd 1	0,39	2,2	66,7	0,16	1,7	81,2
	Cd 3	0,28	2,1	71,4	0,20	1,5	90,0
	Cd 10	0,1	1,5	90,0	0,04	1,0	99,0

Примечание * - %от суммы хлорофиллов

Таким образом, анализ фотосинтетических пигментов показал, что оба металла в выбранной нами концентрации оказывают негативный эффект на содержание пигментов водных растений. Хотя у всех растений наблюдалось уменьшение суммы хлорофиллов и содержания каротиноидов по сравнению с контролем, для *E. canadensis*, представляющих природную популяцию, уровень изменений был наименьшим.

В реабилитационный период увеличение количества хлорофилла *a* в сравнении с периодом накопления отмечено после краткосрочно-

го (1 сутки) воздействия обоих металлов на растения вида *E. densa*. При более длительной экспозиции происходит дальнейшее снижение концентраций данного пигмента в тканях этого вида растений. Для *H. verticillata* достоверное увеличение количества хлорофилла *a* происходило после 1 суток воздействия кадмия. В случае с *E. canadensis* восстановления хлорофилла *a* не наблюдали.

В отношении хлорофилла *b* можно отметить, что он оказался более устойчивым в сравнении с хлорофиллом *a*, поскольку в реабилитационный период его уровень менялся незначительно. В результате, сумма хлорофиллов *a* и *b*, а также их отношение практически не менялось в сравнении с периодом накопления металлов. Не менялось также относительное содержание пигментов ССК в общем пуле хлорофиллов.

Изменение в количественном содержании каротиноидов в восстановительный период носит видоспецифический характер. У *E. canadensis* и *H. verticillata* происходит дальнейшее снижение содержания пигментов, а для *E. densa* – увеличение содержания каротиноидов при реабилитации от 1-суточного воздействия металлов.

Полученные нами результаты согласуются с многочисленными исследованиями, в которых отмечается, что при накоплении растениями ТМ часто происходит деградация хлорофилла [6, 14-16]. Одной из причин снижения количества пигментов является окисление хлорофиллов активными формами кислорода [5]. При малых концентрациях Cu в среде возможна замена ионов Mg²⁺ в хлорофилле на Cu²⁺. При более высоких концентрациях Cu может приводить к редукции синтеза аминокислоты – предшественника хлорофиллов и протохлорофеллида редуктазы, которая катализирует восстановительное формирование хлорофилла из протохлорофелида при биосинтезе хлорофиллов [17]. Cd, кроме того, подавляет активность донорного участка ФС II, ингибирует ферменты цикла Кальвина [18]. Конечным результатом негативного влияния металлов является изменение внутриклеточного состава. Известно, что уже при невысоком содержании ионов Cd в среде происходит уменьшение размеров хлоропластов клетки, а при высоких концентрациях металла наблюдается снижение и числа зеленых пластид клетки [19]. Полученные нами данные свидетельствуют о существенном изменении метаболизма, связанном, по видимому, с изменением ультраструктуры хлоропластов и количеством пластид.

ВЫВОДЫ

Таким образом, действие ионов Cu и Cd в концентрации 100 мкМ оказывает негативный

эффект на состояние пигментного комплекса водных растений семейства *Hydrocharitaceae*. Однако для растений, представляющих природную популяцию, изменения в составе пигментов были менее значимыми. Полученные результаты также показали более медленную деградацию хлорофилла *b* при воздействии ионов Cu и Cd, что указывает на большую чувствительность хлорофилла *a* и каротиноидов. Длительность воздействия металлов на растения определяет эффективность реабилитации: чем больше продолжительность воздействия, тем более необратимые последствия они несут для растения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головкин Т.К. Актуальные вопросы экофизиологии растений // Структурно-функциональные особенности биосистем Севера (особи, популяции, сообщества): Материалы конф. Петрозаводск, 2005. Ч. 1(А-Л). С. 88-91.
2. Мокронос А.Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма. М., 1983. 64 с.
3. Головкин Т.К., Дальке И.В., Бачаров Д.С. Мезоструктура и активность фотосинтетического аппарата трех видов растений сем. Scassulaceae в холодном климате // Физиология растений. 2008. Т. 55, № 5. С. 671-680.
4. Маслова Т.Г., Мамушина Н.С., Шерстнева О.А., Буболо Л.С., Зубкова Е.К. Структурно-функциональные изменения фотосинтетического аппарата у зимневегетирующих хвойных растений в различные сезоны года // Физиология растений. 2009. Т. 56, № 5. 672-681.
5. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск, 2007. 172 с.
6. Rama Devi S., Prasad M.N.V. Heavy metal stress in plants. From molecules to ecosystems // Berlin, 1999. P. 99-117.
7. Stobart A.K., Griffiths W.T., Ameen-Bukhuri I., Sherwood R.P. The effect of Cd²⁺ on the biosynthesis of chlorophyll in leaves of barley // *Physiol. Plant.* 1985. V. 63. P. 293-298.
8. Vavilin D.V., Polynov V.A., Matorin D.N., Venediktov P.S. Sublethal concentration of copper stimulate photosystem II photoinhibition in *Chlorella pyrenoidosa* // *Plant Physiol.* 1995. V. 146. P. 609-614.
9. Kimimura M., Kathon S. Studies on electron transport associated with photosystem I. I. Functional site of plastocyanin, inhibitory effects of HgCl₂ on electron transport and plastocyanin in chloroplasts // *Biochim. Biophys. Acta.* 1972. V. 282. P. 279-292.
10. Kanoun-Boule M., Vicente J.A.F., Nabais C., Prasad M.N.V., Freitas H. Ecophysiological tolerance of duckweeds exposed to copper // *Aquatic Toxicology.* 2009. V. 91. P. 1-9.
11. Розенцвет О.А., Мурзаева С.В., Гущина И.А. Роль мембранных липидов в устойчивости *Potamogeton perfoliatus* L. к избытку кадмия в воде // Изв. РАН. Сер. биол. 2004. № 6. С. 232-239.
12. Lichtenthaler H.K. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes // *Methods in enzymology.* 1987. V. 148. P. 350-382.
13. Голубкина Н.А. Флуорометрический метод определения селена // Журн. аналит. химии. 1995. Т. 50. С. 492-497.
14. Prasad M.N.V., Malec P., Waloszek A., Bojko M., Strzalka K. Physiological responses of Lemna trisulca L. (duckweed) to cadmium and copper bioaccumulation // *Plant Sci.* 2001. V. 161. P. 881-889.
15. Chatterjee C., Sinha P., Dube B.K., Gopal R. Excess copper-induced oxidative damages and changes in radish physiology // *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 2006. V. 37. P. 2069-2076.
16. Perales-Vela H.V., Gonzalez-Moreno S., Montes-Horeasitas C., Canizares-Villanueva R.O. Growth, photosynthetic and respiratory responses to sub-lethal copper concentrations in *Scenedesmus incrassatulus* (Chlorophyceae) // *Chemosphere.* 2007. V. 67. P. 2274-2281.
17. Stiborova M., Doubravova M., Brezinoval A., Friedrich A. Effect of heavy metal ions on growth and biochemical characteristics of photosynthesis of barley (*Hordeum vulgare* L.) // *Photosynthetica.* 1986. V. 20. P. 418-425.
18. Teige M., Huchzermeyer B., Schultz G. Inhibition of chloroplasts ATP-synthase / ATP-ase is a primary target of heavy metal toxicity in spinach plants // *Biochem. Physiol. Pflanzen.* 1990. V. 186. P. 165-171.
19. Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф., Венжик Ю.В., Титов А.Ф. Влияние кадмия на некоторые анатомо-морфологические показатели листа и содержание пигментов ячменя // Материалы междунар. науч. конф., посвящ. 200-летию Казан. бот. школы. Функциональная ботаника. Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, 2009.

EFFECT OF COPPER AND CADMIUM IONS ON THE PIGMENTS OF WATER PLANTS *HYDROCHARITACEAE*

© 2010 А.А. Kositsyna¹, О.Н. Makurina², V.N. Nesterov³, О.А. Rozentsvet³

¹ Samara state Oblastnoy Nayanova University, Samara

² Samara State University, Samara

³ Institutes of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Science, Togliatti

Effect of Cu and Cd ions on the pigments of water plants *Hydrocharitaceae* in conditions of metals accumulation and during the post stress period was investigated. The plants represent various ecotypes: *Egeria densa* and *Hydrilla verticillata* are artificially cultivated plants, *Elodea canadensis* - natural ecotype. It was shown that under action of Cu and Cd ions in concentration 100 μM concentration of chlorophylls *a* and *b* as well as of carotenoids are reduced and chlorophyll content in light-harvesting complex increases. In comparison with a chlorophyll *a* and carotenoids a chlorophyll *b* is appeared to be more tolerant to influence of Cu and Cd. Duration of metals influence on plants determines rehabilitation efficiency.

Key words: *Hydrocharitaceae*, water plants, heavy metals, chlorophyll, carotenoids, light harvesting complex.

Kositsyna Arina Alekseevna, post-graduate; Makurina Olga Nikolaevna, doctor of Biology, professor; Nesterov Victor Nikolaevich, Candidate of Biology, junior research worker; Rozentsvet Olga Anatol'evna, doctor of Biology, main research worker, olgazen@pochta.ru.