

УДК 574

**Использование Ряски малой (*Lemna minor*) в процессе
очистки промышленных стоков золоторудных предприятий в
бассейне р. Амур**

Гула К.Е.

Тихоокеанский государственный университет

*В статье рассматриваются результаты эксперимента по очистке промышленных вод золотодобывающего предприятия с использованием Ряски малой (*Lemna minor*) из рода Ряска (*Lemna L.*) семейства рясковые (*Lemnactat S.F. Gray*). Показано, что степень извлечения ею загрязняющих веществ из сточных вод ЗИФ (золотоизвлекательной фабрики) значительно выше по сравнению с химическим методом, используемым на фабрике.*

Ключевые слова: очистка, сточные воды, загрязняющие вещества

**The use of duckweed (*Lemna minor*) in the treatment of industrial effluents gold
companies basin. Amur**

Gula K. E.

Pacific National University

*The article discusses the results of the experiment to clean up industrial wastewater gold mining company with duckweed (*Lemna minor*) of the kind of duckweed (*Lemna L.*) family of Lemnaceae (*Lemnactat SF Gray*). It is shown that the degree of extraction of pollutants from its wastewater processing plant (gold recovery plant) significantly higher compared with the chemical method used in the factory.*

Keywords: cleaning, , pollutants

В настоящее время в результате интенсивного освоения водных ресурсов горнорудным производством в России в целом и на Дальнем Востоке в частности, произошло ухудшение экологического состояния окружающей среды. В настоящее время обогатительными фабриками значительные объемы промышленных сточных вод сбрасываются в естественные водные бассейны. Современные способы очистки хвостов обогащения и отвалов недостаточно эффективны [1-5]. Проблема утилизации и переработки, а также очистки промышленных сточных вод изучена слабо. Поэтому актуальной оказалась разработка новой технологии, в которой процесс очистки промышленных сточных вод осуществляется с помощью высшей водной растительности. В связи с этим целью исследования явилась разработка метода очистки сточных вод с использованием гидрофитов для обеспечения экологической и социальной безопасности горнорудного производства. 1. Анализ, обобщение и систематизация литературных данных и материалов патентного поиска по

названной проблеме; 2. Изучение гидрофита, как объекта для применения в процессе очистки сточных вод золоторудного предприятия.

Методологической основой исследования явилось учение академика В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере [6]. Исследования были проведены на одном из золоторудных предприятий в бассейне реки Амур и в химической лаборатории ИТиГ ДВО РАН. Анализировались: 1. Пробы воды от трех источников: 1) – вода из р. Улченок; 2) – пульпа ЗИФ, до ее обезвреживания; 3) – пульпа ЗИФ, после обезвреживания; 2. Ряска малая (*Lemna minor*) из рода Ряска (*Lemna* L.), семейства Рясковые (*Lemnaceae* S.F. Gray).

Рабочим материалом являлась ряска малая (*Lemna minor*) из рода Ряска (*Lemna* L.), семейства Рясковые (*Lemnaceae* S.F. Gray). Ряска была высажена в 3-и резервуара, заполненные: 1) сточными водами золотоизвлекающей фабрики (ЗИФ) горного предприятия; 2) пульпой «до очистки» и пульпой после её очистки химическим методом; 3) водой из руч. Улченок, используемой в процессе работы золотоизвлекательной фабрики. В течение двух месяцев из резервуаров производился отбор проб воды для определения pH, содержания взвешенных веществ, БПК₅, концентрации цианидов, роданидов и тяжёлых металлов.

Анализ и обобщение литературных данных [1-5] свидетельствует о том, что гидрофиты благотворно влияют на процессы формирования качества воды.

На горном предприятии извлечение ценного компонента из золоторудного сырья производится с помощью цианистой технологии. Эффективность химического метода, применяемого на ЗИФ для их очистки, не высока [3-4 и др.]. Поэтому нами была предпринята попытка постановки эксперимента с использованием водных растений, а именно: Ряски малой (*Lemna minor*).

(*Lemna minor*) — многолетнее водное растение, вид рода Ряска (*Lemna*) подсемейства Рясковые семейства Ароидные, или Аронниковые (*Araceae*) [1]. Растёт в изобилии в стоячих водоёмах и часто сплошь покрывает их поверхность. Растение произрастает во всех странах с умеренным климатом. Ареал её распространения включает в себя всю Европу, Азию (Западную, Ближний Восток, Кавказ, Среднюю Азию, Китай, север п-ова Индостан), всю Африку и Северную Америку (кроме Мексики). На Российском Дальнем Востоке – на территории Приморья, Приамурья, Сахалина и Камчатки. Вегетативное тело представляет собой округлую или обратнояйцевидную пластинку (щиток) 2—4,5(8) (очень редко до 10) мм длиной, (0,6)2—3(5) (очень редко до 7) мм шириной, с верхней стороны слабовыпуклую или с выдающимся горбовидным шипиком (не более 1 мм по толщине), снизу плоскую, толстоватую, непрозрачную, с тремя (редко четырьмя — пятью) жилками. Пластинки сверху зелёные, блестящие, с некоторыми неясными устьицами вдоль средней линии (устьица у вершины и около кармашка несколько больше, чем между ними), иногда с рассеянными красноватыми пятнами (особенно в течение холодного сезона); с нижней стороны плоские, желтовато- или беловато-зелёные, очень редко с красноватыми пятнами, но намного сильнее, чем сверху; наибольшая воздушная полость редко больше 0,3 мм. Щиток разделён на дистальную, рассечённую жилками, и проксимальную

зоны узлом, от которой отходит тонкий, полупрозрачный и неразветвлённый корень. На узле расположены два почечных кармашка, в которых формируются дочерние особи или соцветия. Цветёт с мая до осени, но редко. Плодоносит очень редко. Цветок состоит из одного пестичного и двух тычиночных цветков, без околоцветника; завязь с одной семязпочкой; столбик 0,1—0,15 мм длиной. Плоды 0,8—1 мм длиной, 0,8—1,1 мм шириной, с крыловидными краями; крыло 0,05—0,1 мм шириной. Семена 0,7—1 мм длиной, 0,4—0,6 мм толщиной, беловатые, с десятью — шестнадцатью заметными рёбрами, остаются внутри плодов после созревания [1]. Размножается ряска малая в основном отростками, которые отделяются от пластинки и становятся самостоятельными растениями. Если растения пострадало от мороза, оно погибает и опускается на дно, но при этом зачатки новых растений не теряют жизнеспособности, перезимовывают на дне и весной всплывают на поверхность воды. Зимует ряска подо льдом, не вмерзая в него и не погибая, перезимовывает с помощью турионов, которые отличаются от вегетативных листецов тем, что меньше размером, содержат больше крахмала и тяжелее воды, почему и опускаются на дно. Так как размножение ряски преимущественно вегетативное, то любая популяция скорее всего будет состоять из клонов одной, первоначальной, особи [1]. Расселяется с помощью птиц, лягушек и тритонов, приликая к их телу и лапкам. Поедается многими дикими утками. Ряска малая не погибает на открытом воздухе до 22 часов (доказано в опытах Г. Ридли, 1930 год) и за это время может быть перенесена утками на расстояние до 300 км. Разносится также крупным рогатым скотом, лошадьми и человеком, приликая к их ногам.

Место произрастания используемого нами в эксперименте растения - Пальвинская протока (нижний Амур, Хабаровский край, Николаевский р-н, окрестности пос. Маго).

Известно [2-3], что водные растения (гидрофиты) в водоемах выполняют следующие основные функции: 1. Фильтрационную (способствуют осаждению взвешенных веществ); 2. Поглощающую (поглощают биогенные элементы и некоторые органические вещества); 3. Накопительную (способны накапливать некоторые металлы и трудно разлагаемые органические соединения); 4. Санитарную (обладают бактерицидными свойствами); 5. Окислительную (в процессе фотосинтеза обогащают воду кислородом); 6. Детоксикационную (способны накапливать токсичные вещества и превращать их в не токсичные). Они устойчивы к цианидам. При действии цианидов в концентрации от 1 до 50 мг/л наблюдается интенсивный рост растений и увеличение содержания белка, так как процесс детоксикации имеет своим конечным продуктом аспарагин - незаменимую аминокислоту, играющую роль депо аминокрупп в реакциях переаминирования и биосинтеза белка.

По окончании эксперимента отработанная ряска не только была проанализирована на содержание тяжелых металлов (ТМ), но изучены и выявлены следующие внешние изменения Ряски малой: она утратила свой густой зелёный цвет, приобрела светло-зелённый оттенок, а в пробах с высокой концентрацией загрязняющего вещества (пульпа «до очистки») - буро-зелёный,

бурий, а местами ржавый и даже коричневый оттенки. В тоже время корешки всех растений значительно удлинились вплоть до 5 – 7 сантиметров. В таблице представлено содержание химических элементов в Ряске малой (таблица).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в условиях золоторудного предприятия в процессе очистки сточных вод целесообразно использовать Ряску малую (*Lemna minor*). Она отличается высокой токсической резистентностью к загрязняющим веществам. Установлено, что степень очистки промышленных вод ЗИФ с использованием Ряски малой высокая и составляет 95 % по сравнению с химическим методом (78 %), используемым на этой золотоизвлекательной фабрике. На основании проведенных исследований даны предложения золоторудному предприятию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жмылев П. Ю., Кривохарченко И. С., Щербаков А. В. Семейство рясковые // Биологическая флора Московской области; Вып. 10 / Под ред. В. Н. Павлова, В. Н. Тихомирова. — М.: Изд-во МГУ; изд-во «Аргус», 1995.
2. Клец, А. Н. Нуркеев, С. С. Розвага Р. И. и др., Экологическая оценка биотехнологий по очистке цианистых сточных вод и пульп с использованием методов биотестирования. //Руды и металлы. М. : 1997. №6. - С. 37.
3. Тимофеева С.С., Краева В.З., Меньшикова О.А. Роль высших водных растений в обезвреживании цианидсодержащих вод. //Водные ресурсы. 1985. №6. – С. 1 – 6.
4. Тимофеева С.С., Краева В.З. Способ биологической очистки сточных вод от цианидов. А. с. 709565 СССР, МКИ СО2 5/10.
5. Саксин Б. Г., Крупская Л. Т.. Роль болотных систем в очистке стоков горных предприятий Дальнего Востока //Горный журнал, 2004. № 2. - С.76-78.
6. Вернадский В.В. Биосфера. М.: Мысль, 1967. 287.с.

Таблица - Содержание тяжелых металлов в Рыске малой (Lemna minor) в начале эксперимента и после его проведения, мг/кг

Место отбора пробы	Химические элементы														
	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Se	Si	Sr	Ti	V	Zn	Zr	Ag	Na
Озеро	9250,391	0	3654,787	0,485	1550,134	1,386	0	100,948	30,877	0	0,387	17,014	0,082	0,222	9250,391
Улчонок	2163,211	12,805	795,664	8,541	1187,279	3,058	2,536	212,591	128,052	0,548	1,281	35,681	0,102	0,679	2163,211
Пульпа после очистки	2562,681	2,397	522,182	35,960	1598,234	2,632	0,304	285,203	77,018	0,973	2,576	41,747	0,150	0,823	2562,681
Пульпа до очистки	4518,148	0,883	1197,688	4,972	1564,945	0	0	181,736	69,160	5,402	2,259	23,474	0,155	0,221	4518,148

Таблица - Содержание химических элементов в Рыске малой (Lemna minor) в начале эксперимента и после его проведения (продолжение), мг/кг

Место отбора пробы	Химические элементы														
	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg	Mn	Mo
Озеро	58,981	0	6,944	5255,331	0	0,925	1,400	3,327	1120,381	8065,376	0,101	0	1890,407	1323,285	0,825
Улчонок	699,935	1,147	1,147	6216,122	0,269	0,710	0,971	2275,101	1191,009	735,989	1,355	0,118	247,402	263,564	0,747
Пульпа после очистки	1056,765	2,880	0	9355,194	0	1,805	2,122	195,646	1680,904	1804,905	1,708	0,310	464,315	434,004	12,331
Пульпа до очистки	1829,976	0,888	0	6991,771	0	1,257	1,730	8,809	1590,186	5149,175	2,297	1,124	1804,735	559,089	0,716

Рецензия на рукопись в ЭНЖ СПбГУНиПТ

УДК 574 № специальности ВАК РФ 080005

Название статьи «**Применение Ряски малой (*Lemna minor*) в процессе очистки промышленных стоков золоторудных предприятий бассейне р. Амур**»

Авторы: аспирант ТОГУ Гула К.Е.

Рецензент Крупская Людмила Тимофеевна, доктор биологических наук наук, профессор ТОГУ, ecologiya2010@yandex.ru

№ п/п	Наименование оценки	Оценка	Примечание
1	Степень соответствия содержания рукописи тематике ЭНЖ	4	Статья соответствует тематике ЭНЖ
2	Актуальность	5	Актуальна в связи с недостаточной эффективностью современных способов очистки сточных вод золоторудных предприятий на Дальнем Востоке
3	Научный уровень	5	Высокий научный уровень
4	Практическая ценность	5	Результаты исследования целесообразно рекомендовать горному предприятию

Проблема очистки промышленных сточных вод на золоторудных предприятиях Дальнего Востока изучена очень слабо. Поэтому актуальной является разработка новой технологии, в которой процесс очистки промышленных сточных вод осуществляется с помощью высшей водной растительности. В статье представлены результаты эксперимента по очистке

промышленных вод золотодобывающего предприятия с использованием Ряски малой (*Lemna minor*) из рода Ряска (*Lemna L.*) семейства рясковые (*Lemnastat S.F. Gray*). Показано, что степень извлечения тяжелых металлов из сточных вод ЗИФ (золотоизвлекательной фабрики) значительно выше и составляет 95 % по сравнению с химическим методом (78 %), используемым на фабрике. Статья может быть опубликована

Рецензент – д.б.н., проф.,

«Заслуженный эколог РФ»

Л.Т. Крупская