

УДК 549.25/.28:581.526.3(476.2-21Гомель)(476.2-37Мозырь)

Н. М. ДАЙНЕКО, С. Ф. ТИМОФЕЕВ

УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»
ул. Советская, 104, Гомель, 246019, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ИЗУЧАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ Г. ГОМЕЛЯ И ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. МОЗЫРЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

В современных условиях антропогенного воздействия оценка содержания тяжелых металлов в прибрежно-водной растительности выявление тенденций изменчивости их концентраций в водоемах важны не только для определения уровня их загрязненности, но и для поддержания экологической безопасности в регионе.

Материалом для исследований послужили образцы прибрежно-водной растительности, отобранные в летний период 2014 – 2015 гг. в водоеме на северной окраине г. Гомеля (объект № 1) и в водоеме вблизи крупного промышленного центра г. Мозыря (объект № 2).

Прибрежно-водная экосистема отнесена к ассоциации *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939 союза *Phragmition* Koch 1926, порядка *Phragmitetalia* Koch 1926, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Наибольшим накоплением железа, марганца и меди характеризовался водокрас лягушачий, хрома – манник большой, марганца и цинка – омежник водный, кадмия и никеля – череда трехраздельная, никеля – ситняг болотный, хрома – рогоз узколистный. Установлено, что все растительные образцы в обоих объектах накапливали свинец ниже фонового содержания. Также во всех растительных образцах в обоих объектах выше фонового содержания накапливался кадмий. По накоплению никеля наблюдалась разница между изучаемыми объектами. Во втором объекте 90 % растительных образцов превышали фоновое содержание никеля, а в первом – только 20 %. В растительных образцах первого объекта нет превышения фонового содержания хрома, тогда как во втором объекте 50 % образцов накапливали хром выше фонового содержания. По накоплению никеля и хрома растительные образцы второго объекта вблизи г. Мозыря оказались более загрязненными, чем в Гомеле.

Анализ суммарного количества тяжелых металлов (рисунок) в растительных образцах изучаемых объектов показал, что у семи видов (второй объект) из десяти общее содержание тяжелых металлов оказалось выше, чем в изучаемых образцах первого объекта.

Наибольшее накопление тяжелых металлов отмечено у водокраса лягушачьего в обоих объектах, омежника водного, ситняга болотного (второй объект). Менее всего накапливали манник большой, полевица побегообразующая, осока ложносытевая, осока острая (первый объект). Во втором объекте – это тростник обыкновенный, манник большой, рогоз узколистный, осока ложносытевая.

Выявляются виды, накапливающие в обоих объектах минимальное количество тяжелых металлов – это манник большой и осока ложносытевая.

Таким образом, сравнительный анализ накопления тяжелых металлов растительными образцами показал, что в обоих объектах они накапливали свинец ниже фонового содержания, а кадмия и кобальта, наоборот, выше. По накоплению никеля, хрома, железа, марганца растительные образцы второго объекта оказались более загрязненными, чем в первом. Накопление цинка в первом объекте было выше, чем во втором, а по накоплению меди объекты между собой практически не отличались.

Ключевые слова: прибрежно-водная растительность, тяжелые металлы, растительные образцы

Введение. В современных условиях антропогенного воздействия оценка содержания тяжелых металлов в воде и выявление тенденций изменчивости их концентраций в речных экосистемах

важны не только для определения уровня загрязненности рек, но и для поддержания экологической безопасности в регионе и принятия мер по восстановлению водных экосистем [10].

Влияние концентрации тяжелых металлов на водные растения и на необходимость постоянного контроля за их накоплением отмечалось в работах [1, 3, 11, 12, 13]. Результаты наших исследований [4, 5, 6, 7] согласуются с результатами вышеперечисленных авторов.

Материал и методы исследований

Материалом для исследований послужили образцы прибрежно-водной растительности, отобранные в летний период 2014 – 2015 гг. в водоеме на северной окраине г. Гомеля (объект № 1) и в водоеме вблизи крупного промышленного центра г. Мозыря (объект № 2). Флористический состав изучали по методу А.А. Корчагина [8].

Отбор растительного материала производили на водоемах вручную. Видовой состав определяли по определителю высших растений Беларуси [2]. Анализы растительных образцов на содержание тяжелых металлов выполняли на атомно-абсорбционном спектрометре Solaar M-6 в РНИУП «Институт радиологии» МЧС РБ, в лаборатории массовых анализов.

При оценке фонового содержания тяжелых металлов в прибрежно-водных растениях использовалась работа белорусских исследователей, в которой приводятся значения фонового содержания [9].

Ниже приводится характеристика изучаемой прибрежно-водной растительности. Точки отбора были зафиксированы с помощью навигатора GPS Garmin 72. Координаты объекта: северная широта (N) и восточная долгота (E).

Объект №1. Озеро на северной окраине г. Гомеля. Координаты: N 52° 28' 829", E 30° 58' 491". Водная экосистема отнесена к ассоциации *Lemno minoris-Salvinietum natantis* (Slavnić 1956) Korneck 1959 союза Korneck 1959 союза *Lemno minoris-Salvinietum natantis* Slavnić 1956 *et. R. Tx.* 1955, порядка *Lemnetalia* R. Tx. 1955, класса *Lemnetea minoris* R. Tx. 1955.

Прибрежно-водная экосистема отнесена к ассоциации *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939 союза *Phragmitum* Koch 1926, порядка *Phragmitetalia* Koch 1926, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Прибрежное сообщество асс. *Cicuto-Caricetum pseudocyperus* союза *Magnocaricion elatae* W. Koch 1926, порядка *Magnocaricetalia* Pign. 1953, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Объект №2. Озеро в левобережной части поймы р. Припять ниже г. Мозыря. Координаты. Координаты: N 52° 01' 663", E 29° 19' 770". По эколого-флористической классификации луговая экосистема отнесена к ассоциации *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939 союза *Phragmitum* Koch 1926, порядка *Phragmitetalia* Koch 1926, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Прибрежное сообщество асс. *Cicuto-Caricetum pseudocyperus* союза *Magnocaricion elatae* W. Koch 1926, порядка *Magnocaricetalia* Pign. 1953, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Из каждого изучаемого объекта были проанализированы растительные образцы 10 видов растений на накопление тяжелых металлов. Полученные данные приводятся в результатах исследований.

Результаты исследований и их обсуждение

Сравнительный анализ накопления железа показал, что из десяти изучаемых видов (таблица) наибольшее накопление этого элемента отмечено в растительных образцах водокраса лягушачьего в первом объекте, тогда как минимальное количество железа обнаружено у манника большого в первом объекте и у полевицы побегообразующей во втором, что ниже в 87,2 раза по сравнению с максимальным накоплением.

Анализируя содержание марганца в растительных образцах, видно, что более всего его накапливали водокрас лягушачий, омежник водный, полевица побегообразующая, череда трехраздельная (второй объект), что выше фона в 1,1 – 1,2 раза, а более всего марганца было у тростника обыкновенного (первый объект), превышение фона в 1,7 раза.

Превышение фонового содержания меди отмечалось у водокраса в 1,2 раза, осоки ложносытевой (первый объект) в 1,6 раза, осоки острой (второй объект) в 1,3 раза, а наибольшее содержание меди оказалось у череды трехраздельной в 2,6 раза (первый объект) и в 2,1 раза (второй объект). Во всех растительных образцах накопление цинка превышало фоновое содержание. Более всего его накапливали омежник водный в 35,6 раза и череда трехраздельная – 23,3 раза (первый объект) и в 27,4 раза (второй объект). Во всех растительных образцах накопление кобальта, как и цинка, превышало фоновое содержание в 2,7 – 2,8 раза. Все десять растительных образцов не превышали фонового содержания свинца. В первом объекте все образцы имели одинаковую величину, тогда как в растительных образцах второго объекта наблюдались неодинаковые значения – от 0,35 до 1,07 мг/кг.

Все растительные образцы (первый объект) превышали в 6 – 7 раз фоновое содержание кадмия, за исключением тростника обыкновенного, у которого эта величина оказалась равной фоновому содержанию. В растительных образцах второго опыта отмечалось гораздо большее накопление кадмия, которое варьировало от 7 у водокраса лягушачьего до 23 раз у череды трехраздельной, превышающего фоновое содержание.

Из десяти растительных образцов во втором объекте у девяти накопление никеля превышало фоновое содержание в 1,6 раза у череды трехраздельной и в 7,5 раза у ситняга болотного, тогда как только два растительных образца из десяти в первом объекте превышали фоновое содержание никеля, у водокраса в 2,7 раза и у полевицы – в 1,2 раза.

В растительных образцах первого объекта не обнаружено накопления хрома выше фонового содержания, тогда как в пяти образцах второго объекта отмечалось превышение фонового содержания от 1,7 у рогоза узколистного до 23,5 раза у манника большого.

Таблица

Анализ прибрежно-водной растительности исследуемых озер (в миллиграммах на килограмм)

Вид растения	Определяемые показатели, абс.-сух. сост.								
	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Pb	Cd	Ni	Cr
Водокрас лягушачий	<u>3133,19</u>	<u>289,27</u>	<u>4,19</u>	<u>20,48</u>	<u>0,027</u>	<u>0,04</u>	<u>0,06</u>	<u>0,8</u>	<u>0,01</u>
	830,9	343,8	2,59	15,1	<0,28	<0,36	0,07	00,9	<0,15
Манник большой	<u>35,75</u>	<u>54,75</u>	<u>1,16</u>	<u>11,21</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,1</u>	<u>0,02</u>
	216,6	79,2	1,78	8,6	<0,27	<0,35	0,14	1,79	7,99
Омежник водный	<u>412,5</u>	<u>184,53</u>	<u>1,46</u>	<u>50,21</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,01</u>	<u>0,07</u>	<u>0,05</u>
	709,19	357,91	2,99	16,08	<0,27	<0,35	0,17	1,41	<0,15
Осока ложносытевая	<u>185,32</u>	<u>109,21</u>	<u>2,67</u>	<u>18,82</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,06</u>	<u>0,01</u>
	168,39	161,40	2,93	10,86	<0,27	0,52	0,18	0,72	0,63
Осока острая	<u>128,75</u>	<u>174,58</u>	<u>2,61</u>	<u>11,3</u>	<u>0,027</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,07</u>	<u>0,01</u>
	526,31	147,8	4,43	8,90	<0,27	<0,35	0,16	1,74	0,80
Полевица побегообразующая	<u>176,5</u>	<u>87,14</u>	<u>3,2</u>	<u>12,09</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,35</u>	<u>0,01</u>
	35,7	351,9	1,90	9,1	<0,27	0,57	0,18	0,89	0,28
Рогоз узколистный	<u>81,11</u>	<u>283,33</u>	<u>2,43</u>	<u>8,1</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,06</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>
	217,3	106,7	2,58	7,1	<0,27	1,07	0,18	2,058	0,58
Ситняг болотный	<u>292,61</u>	<u>213,7</u>	<u>2,06</u>	<u>5,43</u>	<u>0,027</u>	<u>0,04</u>	<u>0,06</u>	<u>0,06</u>	<u>0,01</u>
	653,4	346,7	3,48	15,9	<0,27	<0,35	0,20	2,24	0,61
Тростник обыкновенный	<u>184,75</u>	<u>505,71</u>	<u>0,87</u>	<u>17,21</u>	<u>0,027</u>	<u>0,04</u>	<u>0,01</u>	<u>0,03</u>	<u>0,02</u>
	56,1	112,5	0,62	12,7	<0,27	0,48	0,18	0,12	0,24
Череда трехраздельная	<u>186,3</u>	<u>281,7</u>	<u>9,14</u>	<u>32,89</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,06</u>	<u>0,02</u>
	222,7	345,7	7,46	38,6	<0,27	<0,35	0,23	0,48	0,27
Фоновое содержание	-	30,1,0	3,5	1,41	0,01	2,3	0,01	0,3	0,34
Примечание: В числителе указано содержание тяжелых металлов в первом объекте, в знаменателе – во втором объекте.									

Таким образом, наибольшим накоплением железа, марганца и меди характеризовался водокрас лягушачий, хрома – манник большой, марганца и цинка – омежник водный, кадмия и никеля – череда трехраздельная, никеля – ситняг болотный, хрома – рогоз узколистный. Установлено, что все растительные образцы в обоих объектах накапливали свинец ниже фонового содержания. Также во всех растительных образцах в обоих объектах выше фонового содержания накапливался кадмий. По накоплению никеля наблюдалась разница между изучаемыми объектами. Во втором объекте 90 % растительных образцов превышали фоновое содержание никеля, а в первом – только 20 %. В растительных образцах первого объекта нет превышения фонового содержания хрома, тогда как во втором объекте 50 % образцов накапливали хром выше фонового содержания. По накоплению никеля и хрома растительные образцы второго объекта вблизи г. Мозыря оказались более загрязненными, чем в Гомеле.

Анализ суммарного количества тяжелых металлов (рисунок) в растительных образцах изучаемых объектов показал, что у семи видов (второй объект) из десяти общее содержание тяжелых металлов оказалось выше, чем в изучаемых образцах первого объекта.

Наибольшее накопление тяжелых металлов отмечено у водокраса лягушачьего в обоих объектах, омежника водного, ситняга болотного (второй объект). Менее всего накапливали манник большой, полевица побегообразующая, осока ложносытевая, осока острая (первый объект). Во втором объекте – это тростник обыкновенный, манник большой, рогоз узколистный, осока ложносытевая.

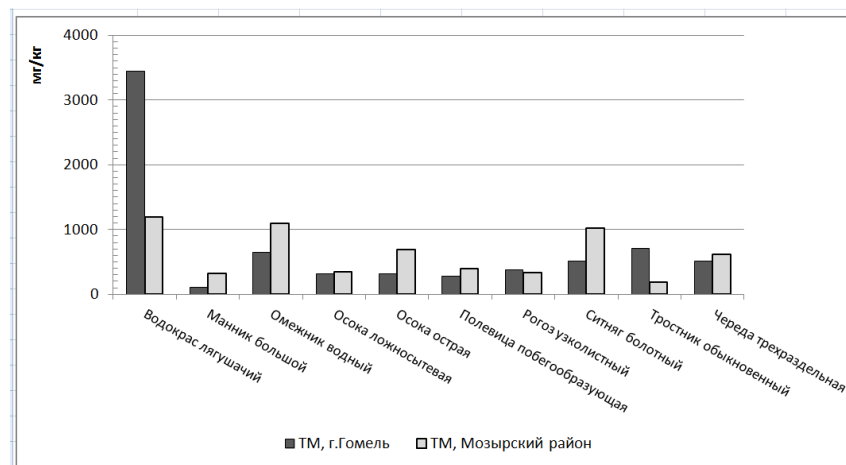


Рисунок. Сравнительный анализ суммарного содержания тяжелых металлов в растительных образцах изучаемых объектов г. Гомеля и Мозырского района

Таким образом, выявляются виды, накапливающие в обоих объектах минимальное количество тяжелых металлов – это манник большой и осока ложносытевая.

Выводы

Сравнительный анализ накопления тяжелых металлов растительными образцами изучаемых объектов показал, что выявляются виды растений, накапливающие как максимальное количество тяжелых металлов, превышающее фоновое содержание этих элементов, так и минимальное количество тяжелых металлов, которое может быть ниже этого содержания. Выявлено, что в обоих объектах наибольшее накопление тяжелых металлов отмечено у водокраса лягушачьего, а минимальное количество установлено у манника большого и осоки ложносытевой.

1. Базарова Б. Б. Содержание химических элементов в *Elodea canadensis* Michx. в водоемах Забайкалья / Б.Б. Базарова // Вода: химия и экология. — 2015. — № 7. — С. 43—51.
2. Власов Б. П. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: методические рекомендации / Власов Б.П., Гигевич Г.С. — Мн.: БГУ, 2002. — 84 с.

3. Дайнеко Н. М. Аккумуляция радиоцезия и тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью в некоторых районах Гомельской области (Республика Беларусь), приграничных с Брянской областью России / Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. // Известия Томского политехнического университета. — 2013. — Т. 323. — № 1. — С. 220—225.
4. Дайнеко Н. М. Накопление тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью водоемов вблизи г. Жлобина Гомельской области Республики Беларусь / Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф., Жадько С.В. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2016. — Т. 327. — № 5. — С. 124—132.
5. Дайнеко Н. М. Накопление тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью Гомельского региона / Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. — Чернигов: Издатель Лозовой В.М., 2014. — 208 с.
6. Дайнеко Н. М. Оценка состояния прибрежно-водной растительности Гомельского района / Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. // Известия Гомельского государственного университета. — 2013. — № 5 (80). — С. 63—70.
7. Корчагин А. А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника : сб. науч. ст. — Л.: Наука, 1964. — Т. 3. — С. 39.
8. *Определитель* высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. — Мн.: Дизайн ПРО, 1999. — 472 с.
9. Решетняк О. С. Современные тенденции изменчивости содержания тяжелых металлов в воде рек Печенга и Нива / О.С. Решетняк, М.Ю. Рвачева // Международный научно-исследовательский журнал. — 2014. — Вып. 2 — 3 (21). — С. 128—130.
10. Aquatic acute species sensitivity distributions of ZnO and CuO nanoparticles / [N. Adama, C. Schmitt, L. De Bruyn et al.] // Science of the Total Environment. — 2015. — № 526. — P. 233—242.
11. Engina M. S. Accumulation of Heavy Metals in Water, Sediments and Wetland Plants of Kizilirmak Delta (Samsun, Turkey) / Engina M.S., Uyanikb A., Kutbayc H.G. // International Journal of Phytoremediation. — 2015. — V. 17. — Iss. 1. — P. 66—75.
12. Jing Li. Meta-Analysis of the Copper, Zinc, and Cadmium Absorption Capacities of Aquatic Plants in Heavy Metal-Polluted Water / Jing Li, Haixin Yu, Yaning Luan. // Int. J. Environ. Res. Public Health. — 2015. — V. № 12 (12). — P. 14958—14973.
13. Phillips D. P. Wetland plants as indicators of heavy metal contamination / Phillips D.P., Human L.R.D., Adams J.B. // Marine Pollution Bulletin. — March 2015. — V. 92. — Iss. 1—2, 15, — P. 227—232.

М. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев

УО «Гомельський державний університет імені Ф. Скорини»

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ПРИБЕРЕЖНО-ВОДНОЮ РОСЛИННІСТЮ ОБ'ЄКТІВ М. ГОМЕЛЯ ТА ОКОЛИЦЬ М. МОЗИРЯ ГОМЕЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ, РЕСПУБЛІКА БІЛОРУСЬ

Порівняльний аналіз накопичення важких металів рослинними зразками показав, що в обох об'єктах вони накопичували свинець нижче фонового вмісту, а вміст кадмію і кобальту, навпаки, був вище. За накопиченням нікелю, хрому, заліза, марганцю рослинні зразки другого об'єкту виявилися більш забрудненими, ніж в першому. Накопичення цинку в першому об'єкті було вище, ніж в другому, а за накопиченням міді об'єкти між собою практично не відрізнялися.

Ключові слова: прибережно-водна рослинність, важкі метали, вода, ґрунт, рослинні зразки

N. M. Dajneka, S. F. Tsimaŭeyeu

Francisk Skorina Gomel State University, Belarus

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE HEAVY METALS ACCUMULATION BY RIVERSIDE AND WATER VEGETATION IN THE CITY OF GOMEL AND THE SUBURBS OF MOZYR TOWN, GOMEL REGION, REPUBLIC OF BELARUS

With current anthropogenic impact, the assessment of heavy metals content in vegetation and their concentration in water bodies are important not only to determine the level of pollution, but also to maintain environmental safety in the region.

Samples of riverside and aquatic vegetation collected over summertime of 2014 and 2015 in ponds on the northern borderline of the city of Gomel (site № 1) and around a large industrial center of the town of Mozyr (site № 2) served as material for this study.

The coastal-aquatic ecosystem is referred to the association *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939 union *Phragmition* Koch 1926, order *Phragmitetalia* Koch 1926, class *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Plants of frogbit accumulated the highest levels of iron, manganese and copper, great manna grass – chromium, water dropwort – manganese and zinc, three-lobed beggarticks – cadmium and nickel, spikerushes – nickel, lesser bulrush – chromium. The research showed that all plant samples accumulated lead below the background level in both sites. Content of cadmium exceeded the background level in both sites. The content of nickel differed in the sites studied, exceeding the background level in 90% of plant samples in the second site comprising 20 % in the first one. The content of chromium in plant samples does not exceed the background level in the first site, whereas 50 % of the samples contained chromium above the background level in the second plot. The content of nickel and chromium in plant samples from the site around the town of Mozyr was higher than in Gomel city.

The total number of heavy metals in seven out of ten plant species was higher in the second site as compared to the first plot.

Frogbit had the highest content of heavy metals in both sites, while water dropwort and spikerushes values were higher in the second plot. Great manna grass, creeping bentgrass, cyperus sedge and the acute sedge had the lowest content of heavy metals in the first site while common reed, great manna grass, lesser bulrush and cyperus sedge in the second site.

Great manna grass and cyperus sedge were identified as the plant species with the lowest content of heavy metals in both sites under analysis.

Thus, comparative analysis of heavy metals accumulation by plant samples revealed that lead content was below background concentration, while cadmium and cobalt were above background concentration in both sites. Plant samples in the second site contained nickel, chromium, iron and manganese in higher concentration as compared to the first site. On the contrary, plant samples in the first site had higher zinc content. Both sites were similar as far as copper content was concerned.

Key words: riverside and water vegetation, heavy metals, water, soil, plant samples

Рекомендує до друку
М. М. Барна

Надійшла 09.02.2017

УДК 582.782:581.143.6

Ю. В. ЖУРЖА, Л. А. КОЛДАР, М. В. НЕБИКОВ

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України
вул. Київська, 12а, Умань, Черкаська область, 20300

МОРФОГЕНЕЗ ЕКСПЛАНТІВ *RHAMNUS DIAMANTICA* NAKAI. *TA RHAMNUS TINCTORIA* WALDST. ET KIT. В УМОВАХ *IN VITRO*

У статті наведено результати досліджень морфогенезу експлантів *R. diamantica* та *R. tinctoria* за використанням різних концентрацій фітогормонів: 6-БАП, β -ІОК, β -ІМК, α -НОК при розмноженні *in vitro*. Досліджено основні етапи морфогенезу експлантів *R. diamantica* та *R. tinctoria*. З'ясовано, що процеси морфогенезу у експлантів залежать від концентрацій фітогормонів у живильних середовищах. Згідно проведеного експерименту нами з'ясовано, що найвищий коефіцієнт розмноження був у варіанті IV при концентрації у живильному