

### **Висновки**

У 2011-2014 рр. радіонуклідне забруднення вищих водних рослин досліджених водойм України на 50-99,5 % сформоване  $^{137}\text{Cs}$ . Питома активність  $^{90}\text{Sr}$  у рослинах не перевищувала 40,  $^{137}\text{Cs}$  – досягала 1100 Бк/кг. Вміст  $^{137}\text{Cs}$  у коренях вищих водних рослин була у 5,7-15 разів вищою, ніж у наземних органах.

1. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод* / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко [та ін.]; за ред. В. Д. Романенка. – НАН України. Ін-т гідробіології. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
2. *Паньков И. В.* Радиоэкологические исследования в зоне литорали Киевского водохранилища до и после аварии на Чернобыльской АЭС / И. В. Паньков, Е. Н. Волкова, З. О. Широкая // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, № 3. – С. 100–109.
3. *Радиоактивное и химическое загрязнение Днепра и его водохранилищ после аварии на чернобыльской АЭС* / В. Д. Романенко, М. И. Кузьменко, Н. Ю. Евтушенко [и др.] – К.: Наукова думка, 1992. – 194с.
4. *Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах* / М. І. Кузьменко, Д. І. Гудков, С. І. Кіреєв [та ін.] – К.: Наукова думка, 2010. – 263 с.

*С.П. Пришляк, Е.Н. Волкова, В.В. Беляев, А.А. Пархоменко*

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

### **РАДИОНУКЛИДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ ВОДОЕМОВ УКРАИНЫ В ОТДАЛЕННОЕ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС ВРЕМЯ**

Определено содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в высших водных растениях водоемов разного типа, расположенных вне зоны отчуждения. Показано, что до настоящего времени в некоторых водоемах Украины удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в высших водных растениях достигает 875-1100 Бк/кг.

*Ключевые слова: водоемы, радионуклиды, высшие водные растения*

*S.P. Prishlyak, O.M. Volkova, V.V. Beliaiev, O.O. Parhomenko*

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

### **RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF HIGHER AQUATIC PLANTS WATER BODIES OF UKRAINE TO A DISTANT TIME AFTER THE ACCIDENT AT THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT**

Content of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in higher aquatic plants from water bodies of different types of which are located outside the exclusion zone is defined. It is shown that up to the present time the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in higher aquatic plants in some reservoirs reaches 875-1100 Bq/kg.

*Keywords: water body, radionuclides, higher aquatic plants*

УДК 66.095.83+628.196 (477.81)

**Е.И. ПРОКОПЧУК, И.Л. СУХОДОЛЬСКАЯ**

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка  
ул. М. Кривоноса, 2, Тернополь, 46400, Украина

### **СВЯЗЫВАНИЕ АММОНИЯ ВЫСШИМИ ВОДНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ГИДРОЭКОСИСТЕМАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО СОДЕРЖАНИЯ В ВОДЕ**

---

Исследовали сезонные изменения концентрации азота аммония в водоемах малых рек Ровенской области и их связь с активностью ферментов глутаматдегидрогеназы (ГДГ) и глутамисинтетазы (ГС). Выявлено, что с увеличением концентрации аммония летом

активируется NADP-ГДГ, а со снижением осенью – активируются как NAD-, так и NADP-ГДГ. Установлено, что максимальная активность ГС в сентябре наблюдается при минимальной концентрации аммонийного азота в водной среде, а годовой минимум активности ГС прослеживается при его высоком содержании в воде.

*Ключевые слова:* высшие водные растения, соединения азота, аммоний, активность ферментов, глутаматдегидрогеназа, глутаминсинтетаза, корреляция

Высшие водные растения выявляют избирательную способность в поглощении биогенных элементов [6], а также являются одними из самых эффективных потребителей минеральных соединений, в частности, различных форм азота, от количества и форм соединений которого зависит общая продуктивность водоемов [5]. Известно, что включение азота в клеточные органические соединения растений осуществляется путем ферментного связывания аммиака, среди которых наиболее эффективными являются глутаматдегидрогеназный и глутаминсинтетазный пути [4]. Восстановительное аминирование  $\alpha$ -кетокислот аммиаком катализирует глутаматдегидрогеназа (ГДГ, КФ 1.4.1.3), которая отличается по специфичности к коферменту: NAD-ГДГ осуществляет преимущественно дезаминирование, а NADP-ГДГ – аминирование. У первичной ассимиляции аммонийного азота в аминокислоты и белки клетки растения ведущая роль принадлежит также глутаминсинтетазе (ГС, КФ 6.3.1.2).

Целью исследований было установление активности глутаматдегидрогеназы и глутаминсинтетазы в условиях природных концентраций аммония в водной среде в зависимости от уровня антропогенной нагрузки на водоем.

#### **Материал и методы исследований**

Объектами исследований служили 7 видов высших водных растений – представителей тех групп макрофитов, которые на протяжении всей вегетации имеют наибольший контакт с водной толщей: рогоз узколистый (*Typha angustifolia* L.), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.); рдест гребанчатый (*Potamogeton pectinatus* L.), рдест пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.), элодея канадская (*Elodea canadensis* Rich.), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.); ряска малая/маленькая (*Lemna minor* L.). Растения собирали в пик их вегетации в водоемах, которые отличаются разным уровнем антропогенной нагрузки: аграрная (АТ), рекреационная (РТ), урбанизированная (УТ) и техногенно-трансформированная (ТТ) территории, расположенные в разных районах Ровенской области.

Для определения активности аммонийсвязывающих ферментов получали гомогенаты биомассы растений на 0,005 трис-НСІ буфере (рН 7,6), содержащий 0,002 М сульфата магния и 0,002 М ЭДТА в соотношении 1:5 (сырая масса : буфер) в механическом гомогенизаторе при 7000 об/мин. Затем гомогенаты центрифугировали при 5000 об/мин на протяжении 15 мин. [1]. Полученную суспензию использовали для определения ферментной активности. Активность глутаматдегидрогеназы определяли спектрофотометрически по скорости окисления NAD (NADP) при 340 нм [7] в реакционной смеси, содержащей 0,05 М трис-НСІ буфера (рН 7,2); 0,01 М  $\alpha$ -кетоглутарата; 0,000025 М NAD и 0,2 М  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ . Ферментную активность выражали в мкмоль NAD (NADP)/мг белка·мин. Активность глутаминсинтетазы определяли в синтетазной реакции фосфатным методом [2]. Реакционная смесь содержала 25 мМ трис-НСІ буфер (рН = 7,2), 16 мМ глутамата натрия, 6 мМ  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 6 мМ  $\text{MgSO}_4$ , 15 мМ АТФ и гомогенат ткани растений в количестве, необходимой для образования 1-10 мкмоль глутаминна на протяжении 45 мин. при 35-37°C. Реакцию останавливали добавлением 4,0 мл 1,8%  $\text{FeSO}_4$  в 0,3 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 0,4 мл 6,6%  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$  в 7,5 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и фотометрировали на спектрофотометре СФ-46 при 700 нм против контроля. Ферментную активность выражали в мкмоль  $\text{P}_n$ /мг белка·мин. Количество белков определяли по методу Лоури и соавт. Содержание аммонийного азота устанавливали колориметрически с реактивом Несслера [5].

#### **Результаты исследований и их обсуждение**

На содержание азота аммония в природных водах оказывают равноценное влияние сразу три процесса: изменение объема воды водоема, развитие водной флоры и фауны, а также – окисление аммония под воздействием кислорода и бактерий-нитрификаторов. Помимо

прочого, на его концентрацию влияют и антропогенные факторы – поступление со сточными водами.

Прослеженная динамика содержания аммония в воде исследуемых рек на протяжении весенне-летне-осеннего периода (рисунок) показала, что содержание аммонийного азота флуктуировало в диапазоне 0,28 мг/дм<sup>3</sup>-3,0 мг/дм<sup>3</sup> с постепенным снижением к концу вегетационного периода. Максимальные концентрации, характеризующееся превышением показателя рыбохозяйственной ПДК, отмечено для воды рек УТ, АТ и ТТ в марте (превышение ПДК<sub>рыб.</sub> соответственно – в 6; 2,4 и 2,7 раза соответственно), а для РТ – в июне, с превышением ПДК<sub>рыб.</sub> в 3,6 раза. Минимальное содержание аммония наблюдали на всех территориях в летние (июль-август) и осенние месяцы. Таким образом, наивысшие концентрации аммонийного азота в весенний период связаны с увеличением прибрежного смыва и речного стока, а также антропогенным воздействием неочищенных промышленных, хозяйственно-бытовых сточных вод и сельскохозяйственных стоков. Минимальные же его концентрации, приходящиеся на летний и осенний период, связаны с активным их поглощением гидробионтами.

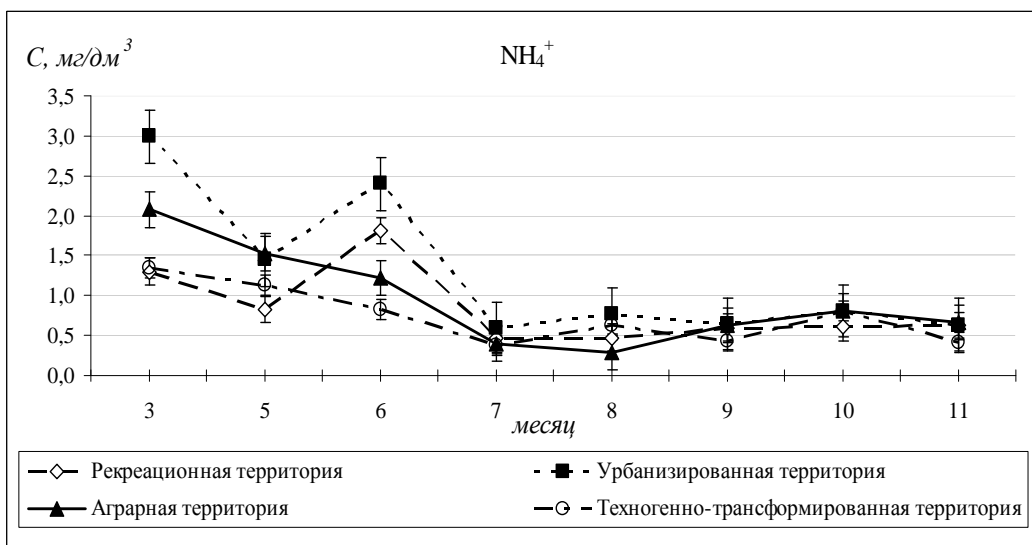


Рис. Содержание аммонийного азота в воде исследованных рек в зависимости от уровня антропогенной нагрузки

В различных тканях и органах многих растений происходит значительное увеличение глутаматдегидрогеназной активности в ответ на увеличение концентрации аммония в среде [4]. В соответствии с увеличением или уменьшением содержания в воде аммония коррелирует активность ГДГ (таблица). В июне, когда в водоемах зафиксировано высокие показатели аммонийного азота, наблюдали незначительное увеличение активации NADP-ГДГ (достоверной корреляционной связи не отмечено –  $r = -0,83$ ) на всех территориях, кроме УТ (наличие сильной корреляционной связи –  $r = 0,85$ ), что, видимо, является следствием антропогенной нагрузки на водоем. Активность NAD-ГДГ характеризуется высокими показателями и прямо коррелирует с содержанием аммония ( $r = 0,57$ ,  $r = 0,59$  для УТ и ТТ соответственно). Для РТ и АТ выявлено обратную зависимость ( $r = -0,73$ ,  $r = -0,7$ ), что можно объяснить разным видовым составом и физиологическими особенностями исследуемых растений. В сентябре, когда наблюдалось резкое снижение концентрации аммонийного азота увеличилась активность как NAD-, так и NADP-ГДГ. Практически на всех исследуемых участках проведенный корреляционный анализ указывает на тесную зависимость обоих показателей ( $r = 0,56 - 0,81$ ), за исключением УТ, где активность NAD-ГДГ и концентрация аммония коррелировали с обратной зависимостью ( $r = -0,72$ ).

## Корреляційна залежність між концентрацією аммонія і активністю глутаматдегідрогенази і глутамінінсинтетази водних рослин

Высшие водные растения	Активность					
	NAD-ГДГ		NADP-ГДГ		ГС	
	30.06	05.09	30.06	05.09	30.06	05.09
	Рекреационная территория (РТ)					
<i>Potamogeton pectinatus L.</i>	0,47	-0,44	-0,73	0,43	0,48	-0,32
<i>Potamogeton perfoliatus L.</i>	-0,68	-0,39	-0,37	0,63	0,54	-0,53
<i>Typha angustifolia L.</i>	0,79	0,81	0,57	-0,41	0,79	0,58
	Урбанизированная территория (УТ)					
<i>Sagittaria saggitifolia L.</i>	0,85	-0,72	-0,21	-0,78	-0,17	-0,48
<i>Ceratophyllum demersum L.</i>	0,39	-0,64	0,57	0,24	-0,34	-0,50
<i>Typha angustifolia L.</i>	0,44	-0,69	0,43	0,72	0,99	0,81
	Аграрная территория (АТ)					
<i>Sagittaria saggitifolia L.</i>	0,60	0,02	-0,41	0,64	-0,09	0,61
<i>Lemna minor L.</i>	-0,83	0,66	-0,70	-0,59	-0,56	-0,33
<i>Typha angustifolia L.</i>	-0,51	-0,35	-0,69	0,57	-0,09	0,70
	Техногенно-трансформированная территория (ТТ)					
<i>Sagittaria saggitifolia L.</i>	-0,33	0,56	0,57	-0,60	0,09	0,57
<i>Elodea canadensis Mich.</i>	-0,80	-0,52	-0,34	-0,61	-0,24	-0,05
<i>Typha angustifolia L.</i>	0,47	-0,21	0,59	0,74	0,42	0,21

Согласно [4], при низких, лимитирующих рост, концентрациях аммония его связывание осуществляет ГС. Для исследованной растительности установлено, что максимальная активность ГС в сентябре наблюдается при минимальной концентрации аммония в воде, который обеспечивает нормальный рост и развитие растений на всех исследуемых территориях, а летний минимум активности ГС указывает на высокое содержание аммония в воде рек и угнетение активности фермента. Эти результаты свидетельствуют об обратной зависимости между активностью ГС и концентрацией аммония в воде.

**Выводы**

Исследуемые ВВР проявляют видовую специфичность по отношению к содержанию в воде аммонийного азота: величина активности амонийсвязывающих ферментов различна у растений разных видов. Большая амплитуда величины активности ферментов свидетельствует о наличии у последних индуктивных способностей к активации ферментов в зависимости от концентрации аммония в воде.

1. Гавриленко В. Ф. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание / В. Ф. Гавриленко // под ред. Б. А. Рубина. – М.: Высш. школа, 1975. – 392 с.
2. Евстигнеева З. Г. Определение активности глутаминсинтетазы / З. Г. Евстигнеева, Е. А. Громько, К. Б. Асеева // Биохимические методы. – М.: Наука, 1980. – С. 84–86.
3. Кокин К. А. Экология высших водных растений / К. А. Кокин. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 160 с.
4. Кретович В. Л. Усвоение и метаболизм азота в растениях / В. Л. Кретович. – М.: Наука, 1987. – 486 с.
5. Крот Ю. Г. Использование высших водных растений в биотехнологиях очистки поверхностных и сточных вод / Ю. Г. Крот // Гидробиол. журн. – 2006. – Т.42, № 1. – С. 49.
6. Лурье Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. – М.: Химия, 1974. – 336 с.
7. Романенко В. Д. Кальций и фосфор в жизнедеятельности гидробионтов / В. Д. Романенко, О. М. Арсан, В. Д. Соломатина. – К.: Наукова думка, 1982. – 152 с.

*О.І. Прокопчук, І.Л. Суходольська*

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна

### ЗВ'ЯЗУВАННЯ АМОНІЮ ВИЩИМИ ВОДНИМИ РОСЛИНАМИ У ГІДРОЕКОСИСТЕМАХ ЗАЛЕЖНО ВІД ЙОГО ВМІСТУ У ВОДІ

Досліджували сезонні зміни концентрації азоту амонію у водоймах малих річок Рівненської області та їхній зв'язок з активністю глутаматдегідрогенази і глутамісинтетази. Виявлено, що зі збільшенням концентрації амонію влітку активується NADP-ГДГ, а зі зниженням амонію восени – як NAD-, так і NADP-ГДГ. Встановлено, що максимальна активність ГС у вересні спостерігається при мінімальній концентрації амонію у водному середовищі, а річний мінімум активності ГС виявляється при високому вмісті амонію у воді.

*Ключові слова:* вищі водні рослини, сполуки азоту, амоній, активність ферментів, глутаматдегідрогеназа, глутамісинтетаза, кореляція

*O.I. Prokopchuk, I.L. Suhodolska*

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

### CONNECTION OF AMMONIUM WITH THE SUPERIOR WATER PLANTS IN HYDROECOSYSTEMS DEPENDING ON ITS CONTENT IN THE WATER

Seasonal changes in the concentration of ammonium in the water of small rivers of Rivne region and their connection with the glutamate dehydrogenase (GDH) and glutamine synthetase's (GS) activity were investigated. It was discovered that with the increasing of concentration of ammonium in summer the NADP-GDH activates, and with the decrease of ammonium in autumn activate NAD- and NADP- GDH. It was established that the maximum activity of GS in September was observed at the lowest concentration of ammonium in water, and the annual minimum of activity of GS was detected at high ammonium content in the water.

*Keywords:* superior water plants, nitrogen compounds, ammonium, enzymes activity, glutamate dehydrogenase, glutamine synthetase, correlation

УДК [577.34:574.63] [477.63]

Ю.І. ПРОСЯНИК, Т.В. АНАНЬЄВА

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара  
пр. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, Україна

## **РАДІОНУКЛІДНЕ ЗАБРУДНЕННЯ БІЛОГО ТОВСТОЛОБИКА ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА**

---

Водні екосистеми Запорізького водосховища забруднені радіонуклідами чорнобильського походження. У зв'язку зі здатністю гідробіонтів до накопичення радіоактивних речовин, важливо проводити моніторинг умісту радіонуклідів у рибах з метою мінімізації потрапляння радіонуклідів до організму людини при споживанні рибної продукції. Білий товстолобик за способом живлення є фітопланктофагом, відноситься до пелагічних риб та являється зручним об'єктом для дослідження оцінки радіоекологічного стану водойми. Отримані результати свідчать, що вміст радіонуклідів у досліджуваній рибі не перевищував допустимих рівнів. Результати можуть бути використані при проведенні моніторингових досліджень радіаційного впливу на рибу Запорізького водосховища.

*Ключові слова:* радіонукліди, питома активність, радіонуклідне забруднення, коефіцієнт накопичення, риба, білий товстолобик.

Серед радіоактивних забруднювачів акваторії Запорізького водосховища переважають радіонукліди чорнобильського походження  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ , що надходять з верхніх водосховищ