

УДК 502.51 (282) (477)

И.Л. Толочик¹, В.И. Мельник²¹*преподаватель каф. биологии и медицинской физиологии
Ровенского государственного гуманитарного университета (Украина)*²*канд. геогр. наук, доц. каф. биологии и медицинской физиологии
Ровенского государственного гуманитарного университета (Украина)
e-mail: annik220985@rambler.ru¹; vugmel@gmail.com²***К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ
И КЛАССИФИКАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК УКРАИНЫ**

Проанализированы основные четыре подсистемы бассейна р. Стырь: I – «Радиоактивное загрязнение территории», II – «Использование земель», III – «Использование речного стока», IV – «Качество воды» в пределах Волынской возвышенности и Волынского Полесья на территории Ровенской области. На основании наборов критериев и показателей каждой подсистемы проведены расчеты и классификация состояния бассейна реки относительно каждого показателя и всей подсистемы. Расчет величины уровня антропогенной нагрузки на бассейн реки и оценка общего экологического состояния бассейна проведены на основании оценок четырех подсистем. Априори в расчетах представлены подсистемы «Использование земель» и «Использование речного стока». Обобщенное состояние подсистемы «Использование земель» в пределах Волынской возвышенности определено как L_5 , «крайне неудовлетворительное» с мерой (-4) , а Волынского Полесья как L_4 , «неудовлетворительное» с мерой (-3) . Состояние подсистемы «Использование речного стока» в пределах Волынской возвышенности определено как «хорошее», $W_1 = 3$, а для Волынского Полесья – «очень плохое», $W_4 = (-3)$. Исследованиями установлено, что по совокупности всех критериев экологическое состояние бассейна в пределах Волынской возвышенности оценивается как «удовлетворительное» – ИКАН = $(-0,1)$, а в пределах Волынского Полесья как «плохое» – ИКАН = $(-1,0)$.

Введение

С каждым годом увеличивается использование водных ресурсов в связи с возрастающими потребностями. Неравномерность годовых и сезонных количественных и качественных характеристик состояния водных объектов, эвтрофикация водоемов приобрели негативный, а при определенных условиях и катастрофический характер. Водные ресурсы не успевают восстанавливаться, а существующие меры по урегулированию водопользования малоэффективны.

В настоящее время наблюдается тенденция роста уровня загрязнения окружающей среды Ровенской области. В первую очередь это касается водных объектов. Перед экологами встала серьезная проблема разработки программ восстановления водных ресурсов. Антропогенная нагрузка на природные экосистемы, в том числе и водные, с каждым годом растет, приводя к нарушению природного равновесия, уменьшению водности, ухудшению качества воды, потере ее способности к самоочищению, что особенно сказывается на малых и средних реках.

Важное место в исследованиях, которые проводятся с целью обоснования рациональных направлений природопользования и природоохранной деятельности, занимает вопрос изучения антропогенной нагрузки на бассейн реки как интегрального показателя качества окружающей среды и использования природных ресурсов.

Исследованием антропогенных изменений в бассейнах малых рек Украины занимались В.И. Вишневецкий, М.М. Ганущак, О.С. Данильченко, Н.А. Клименко, И.Я. Миськовец, В.И. Мельник, И.И. Статник, Т.О. Ясенчук [1–9].

Несмотря на множество научных публикаций, посвященных этому вопросу, единое мнение относительно таких понятий, как «нагрузка», «норма» в гидроэкосистеме, еще не сформировалось. Поэтому и возникла необходимость проведения оценки антропо-

погенной нагрузки р. Стырь на территории Ровенской области как основы для разработки оптимальных методов ведения хозяйства, использования и защиты природно-территориальных комплексов в пределах бассейна реки.

Целью исследования является расчет антропогенной нагрузки на бассейн р. Стырь в пределах Волынской возвышенности и Волынского Полесья. Для достижения цели решались следующие задачи: 1) изучался набор критериев и показателей каждой подсистемы; 2) проведены исследования и собрана фактическая информация; 3) проведены расчеты и классификация состояния бассейна реки относительно каждого показателя, а также по оценке всей подсистемы; 4) проведен расчет величины уровня антропогенной нагрузки на бассейн реки и оценено экологическое состояние бассейна.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования был бассейн р. Стырь. Расчет антропогенной нагрузки проводили согласно «Методике расчета антропогенной нагрузки и классификации экологического состояния бассейнов малых рек Украины» [10].

Для расчета были использованы фактические показатели Государственной статистической отчетности по количественному учету земель (форма «6-ЗЭМ») главного управления Госгеокадастра в Ровенской области и ежегодная форма 2ТП «Водхоз» за 2016 г., а также собственные исследования качества воды р. Стырь в десяти контрольных створах. В процессе работы были использованы аналитический, сравнительный и математические методы.

Системная модель расчета антропогенной нагрузки и классификации экологического состояния бассейна реки построена по иерархическому принципу и предназначена для оценки антропогенного состояния в бассейнах малых и средних рек. Оценка антропогенного состояния в бассейне реки проводится количественно и качественно.

На нижнем уровне иерархии рассматриваются основные четыре подсистемы бассейна реки: I – «Радиоактивное загрязнение территории», II – «Использование земель», III – «Использование речного стока», IV – «Качество воды». Каждая подсистема характеризуется набором критериев и показателей, на основании которых классифицируют состояние бассейна реки относительно каждого показателя, а по их оценкам – всей подсистемы. На верхнем уровне иерархии по оценкам нижнего уровня рассчитывают величину антропогенной нагрузки на бассейн реки и оценивают общее экологическое состояние бассейна реки.

Результаты исследования и их обсуждение

Река Стырь – транспортная артерия, которая связывает Ровенскую и Волынскую области с Беларусью. Исток реки на берегу Подольской возвышенности, затем она проходит Волынскую возвышенность и Полесскую низменность и впадает в р. Припять на территории Беларуси [11]. Ширина русла от 2 до 10 м в верховье, до 30–50 м в среднем и нижнем течении. Питание смешанное с преобладанием снегового. Длина реки по левому (основному) руслу 437 км, по правому – 494 км, площадь водосбора до разветвления 11 700 км², общая (по двум руслам) 13 000 км². Общее падение реки 119,4 м.

Бассейн р. Стырь в пределах Ровенской области включает 17 притоков, среди которых крупнейшими являются реки Стубла длиной 64 км в пределах Волынского Полесья и Иква длиной 156 км в пределах Волынской возвышенности [12]. Долина Стыри существенно сужается, образуя своеобразный каньон, который был использован для строительства водохранилища Хринницкой гидроэлектростанции, которое построено в 1956 г. и расположено в 30 км к юго-востоку от Луцка на границе Волынской и Ровенской областей [13]. Общая площадь водохранилища составляет 1 830 га, в пределах Ровенской области – 1 626 га, водоем имеет береговую линию длиной 37 км, объ-

ем воды – 52 млн м³, глубина около плотины 8–10 м, берега преимущественно пологие, лишь местами имеют крутые склоны [14]. За время своего существования водохранилище несколько раз спускалось. Так, последний раз, в мае 1989 г., в нижнем бьефе возле плотины водохранилища была обнаружена карстовая воронка диаметром 25 м и глубиной 9 м, что привело к полному спуску водохранилища до нулевого уровня. Только в 1999 г. после проведенных ремонтных работ на водоподпорной плотине водохранилище вновь было наполнено водой.

Река Стырь исследовалась на двух участках – в области Волынской возвышенности и Волынского Полесья.

Первый участок русла и заводи от с. Вербень к с. Новое сохранил признаки естественного состояния, однако благодаря развитию деградационных процессов создана постоянно регулируемая природно-техногенная система, влияющая на режим стока реки и водный режим ее пойменно-террасного комплекса, расположенного ниже по течению (с. Торговица).

На втором участке от с. Заболотье (Полонное) до с. Иванчицы (Волынское Полесье) речной сток интенсивно используется.

Оценка четырех подсистем дает возможность классифицировать экологическое состояния бассейна реки.

Подсистема «Радиоактивное загрязнение территории» предназначена для оценки состояния бассейна реки по уровню радиоактивного загрязнения его территории цезием-137 и стронцием-90. На основе данных дозиметрической паспортизации, в бассейне среднего течения р. Стырь в области Волынской возвышенности плотность загрязнения почвы цезием-137 составляет 0,01 Ки/км², стронцием-90 – до 0,002 Ки/км², а в бассейне нижнего течения реки в пределах Волынского Полесья плотность загрязнения почвы цезием-137 составляет 3,04 Ки/км², стронцием-90 – до 0,09 Ки/км² [15].

Состояние подсистемы «Радиоактивное загрязнение территории» бассейна р. Стырь определено как «удовлетворительное» и в области Волынской возвышенности, и Волынского Полесья. Мера подсистемы $\alpha(R_i) = \alpha(R_1) = 0$.

В подсистеме «Использование земель» оценка состояния земель водосборной площади рассчитана по следующим показателям: лесистость бассейна (суммарная площадь лесов, лесополос и дерево-кустарниковой растительности), территория в естественном состоянии (болота, земли под водой, леса естественного и искусственного происхождения, защитные водоохранные насаждения, заповедные территории, пастбища, сенокосы, залежные земли), сельскохозяйственная освоенность (все сельскохозяйственные угодья на территории бассейна), распаханная и приусадебные земли, урбанизация (площадь земель, на которых размещены населенные пункты, объекты промышленности, транспорта, связи и др.), эродированность земель.

Количественная оценка уровня использования земель в бассейне реки по каждому показателю получена на основании данных Государственной статистической отчетности Главного управления Госгеокадастра в Ровенской области за 2016 г. (форма 6-ЗЭМ) [16] (рисунки 1, 2). Качественная оценка уровня использования земель в пределах Ровенской области по каждому показателю представлена в таблице 1.

Значение совокупного влияния всех показателей в подсистеме «Использование земель» с использованием весовых коэффициентов для каждого показателя составляет: в пределах Волынской возвышенности для H_i текущая мера – 0,8, для $H_i^{(-)}$ – (–0,6); в пределах Волынского Полесья для H_i текущая мера – 0,5, для $H_i^{(-)}$ – (–0,8).

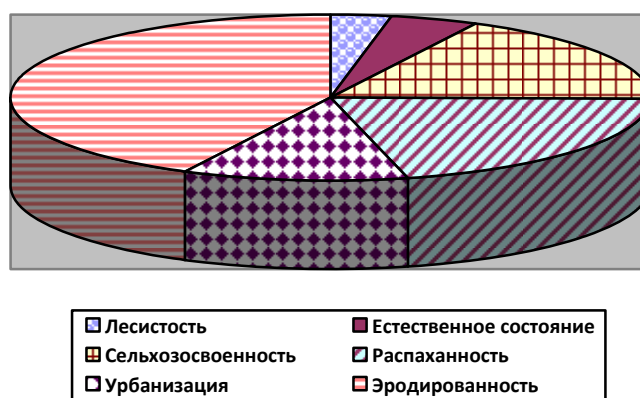


Рисунок 1. – Подсистема «Использование земель»
Волынской возвышенности, %

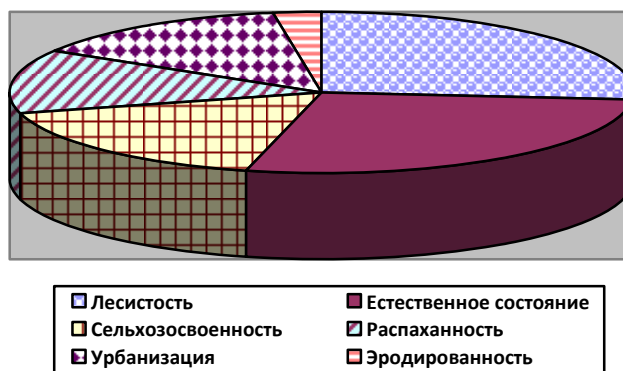


Рисунок 2. – Подсистема «Использование земель»
Волынского Полесья, %

Таблица 1. – Оценка подсистемы «Использование земель» в бассейне р. Стырь

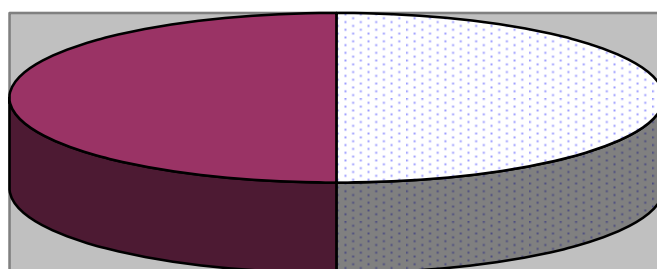
Показатель, %	Волынская возвышенность				Волынное Полесье			
	Значение	Состояние системы	Кэф-фициент	Мера	Значение	Состояние системы	Кэф-фициент	Мера
Лесистость (f ₁)	2,01	U ₅ , «неудовлетвор.»	0,2	–4	20,23	U ₅ , «неудовлетвор.»	0,3	–4
Естественное состояние (f ₂)	2,83	U ₅ , «неудовлетвор.»	0,1	–4	21,07	U ₅ , «неудовлетвор.»	0,2	–4
Сельхозосвоенность (f ₃)	11,28	U ₁ , «хорошее»	0,1	4	12,97	U ₁ , «хорошее»	0,1	4
Распаханность (f ₄)	13,43	U ₁ , «хорошее»	0,3	4	9,83	U ₁ , «хорошее»	0,2	4
Урбанизация (f ₅)	7,20	U ₅ , «неудовлетвор.»	0,1	–4	10,73	U ₅ , «неудовлетвор.»	0,1	–4
Эродированность (f ₆)	27,2	U ₅ , «неудовл.»	0,2	–4	< 2,0	U ₁ , «хорошее»	0,1	4
Обобщенное состояние	L ₅ , «крайне неудовлетворительное»			–4	L ₄ , «неудовлетворительное»			–3

Обобщенное состояние подсистемы $\psi(Li)$ для Волынской возвышенности составляет (-4) и определено как L_5 – «крайне неудовлетворительное»; обобщенное состояние подсистемы $\psi(Li)$ для Волынского Полесья составляет (-3) и определено как L_4 – «неудовлетворительное».

Подсистема «Использования речного стока» предназначена для оценки экологического состояния бассейна реки по степени антропогенной нагрузки и содержит показатели фактического использования речного стока: безвозвратного водопотребления, сброса воды в реку, сброса загрязненных сточных вод в реку.

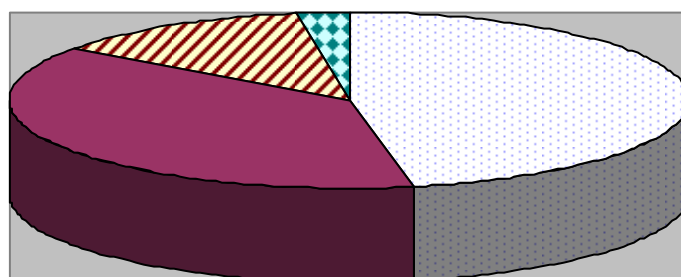
Состояние подсистемы «Использование речного стока» в области Волынской возвышенности и Волынского Полесья по данным статистической отчетности Ровенского областного управления водных ресурсов за 2016 г. отображено на рисунках 5 и 6.

В области Волынской возвышенности в 2016 г. забор воды из р. Стырь составил 3,125 млн м³, а сбросы сточных вод отсутствовали; в области Волынского Полесья забор воды составил 58,008 млн м³ [17]. В реку сбрасывают недостаточно очищенные сточные воды (НДО) коммунальной сферы г. Вараш, неочищенные сточные воды (НО) пгт. Заречное и нормативно чистую без очистки (НЧБО) воду промливневой канализации (ПЛК) Ровенской АЭС [15].



□ Фактическое использование речного стока
■ Безвозвратное водопотребление

Рисунок 5. – Подсистема «Использование речного стока» Волынской возвышенности, %



□ Фактическое использование речного стока
■ Безвозвратное водопотребление
▨ Сброс воды в речную сеть
▤ Сброс загрязненных сточных вод

Рисунок 6. – Подсистема «Использование речного стока» Волынского Полесья, %

Оценка подсистемы «Использование речного стока» в бассейне р. Стырь представлена в таблице 2.

Таблица 2. – Оценка подсистемы «Использование речного стока» в бассейне р. Стырь в пределах Ровенской области

Показатель	Волынская возвышенность				Волынское Полесье			
	Значение	Состояние системы	Коэффициент	Мера	Значение	Состояние системы	Коэффициент	Мера
Фактическое использование речного стока, q_1	6,18	U_1 , «хорошее»	0,1	3	27,84	U_5 , «катастрофическое»	0,1	-5
Безвозвратное водопотребление, q_2	6,18	U_1 , «хорошее»	0,2	3	22,48	U_4 , «очень плохое»	0,2	-3
Сброс воды в ревную сеть, q_3	0	U_1 , «хорошее»	0,3	3	7,42	U_2 , «удовлетвор.»	0,3	1
Сброс загрязненных сточных вод, q_4	0	U_1 , «хорошее»	0,4	3	1,49	U_2 , «удовлетвор.»	0,4	1
Обобщенное состояние	W_1 «хорошее»			3	W_4 «очень плохое»			-3

Значение совокупного влияния всех показателей q_i в подсистеме «Использование речного стока» в пределах Волынской возвышенности для H_i составляет 0,75. Состояние подсистемы $W_1 = 3$ и характеризуется как «хорошее». В пределах Волынского Полесья для H_i текущая мера составляет 0,35, для $H_i^{(-)}$ – (-0,55). Состояние подсистемы составляет $W_4 = (-3)$ и характеризуется как «очень плохое».

Подсистема «Качество воды» предназначена для экологической оценки качества поверхностных вод и оценки состояния бассейнов рек по уровню антропогенного загрязнения воды. Оценку проводили по средним и наихудшим значениям показателей по «Методике» [18], где качество воды оценивали пятью классами и подчиненными им семью категориями, характеризующими соответствующее качество воды как по состоянию, так и по степени ее чистоты. Показатели подсистемы «Качество воды» группировали по трем блокам: блок солевого состава (I_1), трофо-сапробиологический блок (I_2) и блок специфических показателей токсического и радиационного воздействия (I_3). Интегральный экологический индекс (I_e) характеризует общее состояние подсистемы «Качество воды» р. Стырь в пределах Ровенской области в 2016 г. (таблица 3).

Обобщенное состояние подсистемы «Качество воды» по наихудшим показателям как для территории Волынской возвышенности так и Волынского Полесья характеризуется как «чистое» (Q_2) с текущим значением меры оценки состояния подсистемы при $\psi(Q_i) = 1$.

Общее экологическое состояние системы бассейна р. Стырь определено так:

$$ИКАН = \varphi(K_n) = 0,3 \cdot (-4) + 0,2 \cdot 3 + 0,5 \cdot 1 = -0,1$$

$$ИКАН = \varphi(K_n) = 0,3 \cdot (-3) + 0,2 \cdot (-3) + 0,5 \cdot 1 = -1,0$$

В ходе исследований установлено, что по совокупности всех критериев экологическое состояния бассейна р. Стырь в пределах Волынской возвышенности оценивается как «удовлетворительное»: ИКАН = (-0,1), а в пределах Волынского Полесья как «плохое»: ИКАН = (-1,0).

Таблица 3. – Оценка подсистемы «Качество воды» р. Стырь по наилучшим показателям

Блочный индекс	Волынская возвышенность		Волынское Полесье	
	Значение	Характеристика	Значение	Характеристика
I ₁	1,2	1 субкатегория, I класс качества воды; состояние по категории и классу «отличное», степень чистоты воды по категории и классу – «очень чистая»	1,7	2(1) субкатегория, II класс качества воды; состояние по категории «очень хорошее», по классу – «хорошее», степень чистоты воды по категории и классу «чистая»
I ₂	3,2	3 субкатегория, II класс качества воды; состояние по категории и классу «хорошее», степень чистоты воды по категории «достаточно чистая», по классу – «чистая»	4,4	4(5) субкатегория, III класс качества воды; состояние по категории и классу «удовлетворительное», степень чистоты по категории «слабо загрязненная», по классу «загрязненная»
I ₃	2,4	2(3) субкатегория, II класс качества воды; состояние по категории «очень хорошее», по классу «хорошее», степень чистоты по категории и классу – «чистая»	3,2	3 субкатегория, II класс качества воды; состояние по категории и классу «хорошее», степень чистоты воды по категории «достаточно чистая», по классу – «чистая»
I _e	2,3	2(3) субкатегория, II класс качества воды; состояние по категории «очень хорошее», по классу – «хорошее», степень чистоты воды по категории и классу – «чистая»	3,1	3 субкатегория, II класс качества воды, состояние по категории и классу «хорошее», степень чистоты воды по категории «достаточно чистая», по классу – вода «чистая»
Обобщенное состояние		Q2 «чистая» 1		Q2 «чистая» 1

Заклучение

Установлено, что по совокупности всех критериев экологическое состояние бассейна р. Стырь по коэффициенту антропогенной нагрузки при ИКАН = $(-0,1)$ в пределах Волынской возвышенности оценивается как «удовлетворительное»; в пределах Волынского Полесья при ИКАН = $(-1,0)$ оценивается как «плохое».

Для улучшения качества воды р. Стырь в пределах Ровенской области возникла необходимость разработки и внедрения системы природоохранных и водоохранных мероприятий, направленных на борьбу с непосредственными причинами и источниками загрязнения и являются основным звеном в системе мероприятий по обеспечению высокого качества воды реки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишневецкий, В. І. Антропогенний вплив на річки України : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук : 11.00.11 / В. І. Вишневецкий. – Львів, 2003. – 20 с.
2. Ганущак, М. М. Сучасний гідрохімічний режим річки Стир в умовах антропогенного навантаження (на прикладі м. Луцьк) / М. М. Ганущак // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т. 2 (29). – С. 54–63.
3. Ганущак, М. М. Водний чинник у розвитку басейнової системи р. Стиру / М. М. Ганущак, Н. А. Тарасюк // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. – 2014. – № 11. – С. 56–61.

4. Данильченко, О. С. Оцінка антропогенного навантаження на басейни малих річок Сумського Придніпров'я / О. С. Данильченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т. 4 (31). – С. 79–89.
5. Клименко, М. О. Розрахунок антропогенного навантаження та класифікація екологічного стану р. Устя / М. О. Клименко, В. Й. Мельник // Вісн. Рівнен. держ. техн. ун-ту. – 1999. – Вип. 2. – С. 42–45.
6. Мисковець, І. Я. Антропогенні зміни в басейнах малих річок (на прикладі Волинської області) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.11 / Я. В. Мисковець. – Луцьк, 2003. – 19 с.
7. Мельник, В. Й. Антропогенне навантаження і класифікація екологічного стану басейнів малих річок / В. Й. Мельник // Екологія, економіка, ринок : зб. науч. тр. – Одеса, 1999. – С. 82–86.
8. Статник, І. І. Визначення рівня антропогенного навантаження на басейн річки Горинь / І. І. Статник // Вісн. Рівнен. держ. техн. ун-ту. – 1999. – Вип. 2 (1). – С. 88–92.
9. Ясенчук, Т. О. Оцінка антропогенного навантаження на басейн р. Ірпінь у сучасних умовах землекористування / Т. О. Ясенчук // Меліорація і водне господарство : наук. зб. – Київ, 2011. – Вип. 99. – С. 160–168.
10. Методичне керівництво по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану малих річок України НТД 33-4759129-03-04-92. – Київ : Мінприроди України, Держводгосп України, 1992. – 40 с.
11. Геренчук, К. І. Природа Рівненської області / К. І. Геренчук. – Львів, 1975. – 156 с.
12. Коротун, І. М. Географія Рівненської області / І. М. Коротун, Л. К. Коротун. – Рівне, 1996. – 273 с.
13. Гопчак, І. В. Оцінка якості поверхневих вод Хрінницького водосховища / І. В. Гопчак // Вісн. Нац. ун-ту вод. господарства та природокористання. – 2009. – Вип. 3 (47), ч. 1. – С. 9–15.
14. Худоба, В. Хрінницьке водосховище як найбільший рекреаційний об'єкт Волинської височини / В. Худоба // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2009. – Вип. 37. – С. 268–273.
15. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області за 2011–2015 рр. – Рівне, 2012–2016.
16. Статистична звітність з кількісного обліку земель форма «6-ЗЕМ» головного управління Держгеокадастру в Рівненській області (2016 р.).
17. Статистична звітність, щорічна форма 2ТП «Водгосп» (2011–2016 рр.).
18. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко [та ін.]. – Київ, 1998. – 28 с.

Рукапіс паступію у редакцію 31.05.2017

Tolochyk I.L., Melnyk V.I. On the Methodology of Calculating the Anthropogenic Load and Classification of Ecological State of the Basins of Small Rivers of Ukraine

The article analyzes the main four subsystems of the basin of the river Styr within the Volyn Upland and Volyn Polissya in Rivnenska region, according to the estimations of which the calculation of the magnitude of the anthropogenic load on the river basin and assessing of the general ecological state of the basin were carried out. Priority in the calculations was provided to the subsystem use of land and use of river flow. The generalized state of the subsystem use of land within the Volyn Upland is defined as L_5 , extremely unsatisfactory with a measure of (-4) and Volyn Polissya as L_4 , unsatisfactory with a measure (-3) . The state of the subsystem use of river flow within the Volyn Upland is defined as good, $W_1=3$, and for Volyn Polissya - very poor, $W_4= (-3)$. The research has established that according to the totality of all criteria the ecological state of the basin within the Volyn Upland is estimated as satisfactory - induction coefficient of anthropogenic loading = (-0.1) and within the Volyn Polissya as poor - induction coefficient of anthropogenic loading = (-1.0) .