

УДК 502.53 (282.243.613)

О.В. Токарчук, С.М. Токарчук**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ
ТРАНСГРАНИЧНОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА
РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ**

В работе представлен опыт комплексной оценки экологического состояния речных бассейнов на примере малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг. Раскрываются цели и основные этапы оценки, особое внимание уделяется выбору территориальных единиц и показателей. Комплексная оценка экологического состояния малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг включала два этапа: оценку экологической устойчивости малых водосборов к антропогенным нагрузкам и оценку потенциальной экологической опасности. Для каждого из блоков оценки использовались четыре промежуточных показателя. В статье представлены результаты оценки каждого из блоков, а также результаты типизации малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг по экологическому состоянию.

Введение

В современной географической науке широкое распространение получили комплексные оценочные исследования. Сущность подобных исследований заключается в покомпонентном анализе природно-территориальных либо антропогенных комплексов различных рангов. Среди данных работ значительное место занимают работы по комплексной оценке экологического состояния поверхностных вод [1–4]. Объектом исследований в таких работах чаще всего выступает речной бассейн, а оценочными единицами – природно-территориальные комплексы в ранге речных водосборов различных порядков [5–8]. Сущность комплексной оценки заключается в рассмотрении всех составляющих анализируемых территориальных единиц (социальной, хозяйственной и природной) и их взаимосвязей, а также пространственно-временной приуроченности, учитывающей всю иерархию территориальных систем. Кроме того, характерной чертой комплексных оценок является их конструктивная направленность на решение экологических проблем.

Цель работы – разработка методики и проведение комплексной оценки экологического состояния малых водосборов крупного речного бассейна. Объектом исследования является трансграничная часть бассейна реки Западный Буг, которая занимает площадь 30 025 км² (75% общей площади бассейна) и примерно поровну распределена между Беларусью, Польшей и Украиной [9; 10].

Материал и методика исследований

Комплексная оценка экологического состояния малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг включает несколько этапов:

- 1) выбор и выделение территориальных единиц оценки;
- 2) разработка структуры оценки, выбор и обоснование ее показателей;
- 3) сбор и обработка фактического материала;
- 4) собственно проведение оценки.

Первый этап включал выбор и выделение территориальных единиц оценки экологического состояния трансграничной части бассейна реки Западный Буг. Оптимальной территориальной ячейкой для оценки экологического состояния крупного водосбора являются структуры бассейнового строения (речные водосборы и притоки). Однако выделяемые в гидрографии элементарные структуры бассейнового строения (бассейны

водотоков 1-го порядка и приречья водотоков 2-го и более высоких порядков) [11], не всегда сопоставимы по размерам (их площадь может отличаться в десятки раз), что неприемлемо при проведении оценочных работ, особенно для больших территорий со значительными территориальными различиями природных условий и интенсивным хозяйственным освоением. Именно такой территорией является трансграничная часть бассейна реки Западный Буг. Ввиду отмеченных обстоятельств, для настоящей оценки были взяты 139 обособленных гидрологически и сопоставимых по площади малых водосборов (МВ), образуемых водотоками разных порядков, либо являющихся частью приречий главных рек. В основу их выделения были положены три основных критерия:

1) *контролируемость стока*: сток с территории каждой бассейновой структуры должен быть направлен к одной «узловой точке», т.е. может контролироваться в ней;

2) *однозначность границ*: водоразделы должны четко выделяться на современных топографических картах масштаба 1:100 000;

3) *пространственная сопоставимость*: структуры не должны значительно отличаться по площади (средняя площадь выделенных малых водосборов 214,92 км², диапазон площадей – 564,47 км²).

В качестве МВ рассматривались две группы объектов – частичные водосборы (ЧВ) и частичные приречья (ЧП). В качестве ЧВ выделялись отдельные бассейны притоков р. Западный Буг и их основных притоков, бассейны крупных озерных систем и бессточных областей. В качестве ЧП – части бассейнов р. Западный Буг и его основных притоков, вне выделенных ЧВ. При выделении ЧП дополнительно учитывались обособленность от других ЧП, однородность хозяйственного освоения, сопоставимость размеров с ближайшими ЧВ, соответствие начального и замыкающего створов «узловым точкам» ЧВ.

На втором этапе была разработана структура оценки, включающая два основных блока – оценку экологической устойчивости (положительная составляющая) и потенциальной экологической опасности (отрицательная составляющая). Для каждого из данных блоков на основании анализа литературных данных [6: 7; 12–15] было выбрано по четыре показателя. Оценка экологической устойчивости малых водосборов проводилась на основании показателей нормы стока (м³/с), лесистости (%), болотистости (%) и озерности (%); оценка потенциальной экологической опасности – на основании показателей густоты русловой сети (км/км²), распаханности (%), доли городских территорий (%) и плотности сельского населения (чел/км²).

Выбор исходных данных производился с учетом следующих критериев:

1) *региональный характер* исследования, т.е. оцениваемая территория характеризуется большим обхватом и, как следствие, существенными различиями природных и антропогенных условий, следовательно, показатели должны иметь повсеместное распространение;

2) *детальность исследования*, на основании которой выбирается минимальный объем данных, необходимых для оценки, что обеспечит точность конечного результата;

3) *качество информации*, т.е. информация по выбранным показателям должна быть доступна в полном объеме для трех национальных частей водосбора и быть сопоставимой по временному показателю.

Таким образом, были взяты те факторы, которые существенным образом влияют на количество и качество поверхностных вод бассейна, имеют повсеместное распространение, являются результатом взаимодействия природной и антропогенной составляющей геосистем, а также в полном объеме доступны для исследования.

Третий этап включал сбор и обработку фактического материала. В связи с использованием в качестве территориальных единиц малых водосборов необходимый фактический материал мог быть получен только на основании обработки картографи-

ческих и справочных материалов. Большинство данных было получено с помощью созданной геоинформационной системы [16] путем пересечения карты малых водосборов с картами лесов, озер, болот и т.д.

Четвертый этап заключался в разработке методических основ проведения оценки и ее реализации с учетом опыта проведения оценочных работ [17; 18].

Исходя из разработанной структуры исследования, комплексная оценка экологического состояния трансграничной части бассейна реки Западный Буг представляет собой оценку экологической устойчивости и потенциальной экологической опасности территорий малых водосборов, на основе которых проводится интегральная оценка состояния водосборов.

Комплексный показатель экологической устойчивости водосборов является положительным элементом оценки, а экологической опасности – отрицательным.

Для проведения оценки использовалась пятибалльная равноинтервальная оценочная шкала с дополнительным нулевым баллом при отсутствии данного показателя в пределах водосбора. Таким образом, промежуточные показатели оценки (показатели лесистости, распаханности и др.) представляют собой балльные значения, рассчитанные путем пятиуровневого равноинтервального ранжирования. Для расчета комплексных показателей экологической устойчивости и опасности использовался метод сложения, а интегральная оценка экологического состояния малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг проводилась на основании разработанной матрицы, учитывающей соотношение уровня экологической устойчивости и экологической опасности малых водосборов (рисунок 1). На основании разработанной матрицы в пределах трансграничной части бассейна реки Западный Буг выделяется пять типов малых водосборов по уровню современного экологического состояния: с очень хорошим (тип I), хорошим (тип II), средним (тип III), удовлетворительным (тип IV) и неудовлетворительным (тип V) экологическим состоянием. География выделенных типов малых водосборов была изучена относительно обоснованных единиц физико-географического районирования [19].

			Потенциальная экологическая опасность				
			очень низкая	низкая	средняя	высокая	очень высокая
			1	2	3	4	5
Экологическая устойчивость	очень низкая	1					
	низкая	2					
	средняя	3					
	высокая	4					
	очень высокая	5					

Типы малых водосборов:  I  II  III  IV  V

Рисунок 1 – Матрица типизации малых водосборов по экологическому состоянию

Результаты исследований и их обсуждение

Согласно разработанной методике, комплексная оценка экологического состояния малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг состояла из двух этапов: оценки экологической устойчивости малых водосборов к антропогенным

нагрузкам и потенциальной экологической опасности. Для каждого из блоков оценки использовались четыре промежуточных оценочных показателя.

Согласно рисунку 2, большинство водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг обладают низкой экологической устойчивостью, что связано со слабой дифференциацией большинства промежуточных показателей. Т.к. для показателей нормы стока, болотистости и озерности средние, высокие и очень высокие значения представлены не более чем в 7 малых водосборах, комплексный показатель устойчивости МВ к антропогенным нагрузкам для 105 водосборов, занимающих 74,8% территории бассейна, характеризуется очень низкими и низкими значениями. Данные водосборы занимают наибольшую площадь в южной возвышенной и левобережной частях бассейна.

15 малых водосборов, занимающих 11% территории бассейна, характеризуются средними значениями комплексного показателя экологической устойчивости. Водосборы данной группы встречаются в разных частях бассейна, образуя компактную группу из 5 водосборов в средней части Западного Полесья. Среди МВ со средними показателями устойчивости доминируют водосборы (12 МВ), для которых отмечаются очень низкие значения трех промежуточных показателей и средние значения – одного.

Для 16 малых водосборов, занимающих 11,7% территории бассейна, отмечаются высокие показатели экологической устойчивости к антропогенным нагрузкам. Наибольшие площади данные водосборы занимают в северных осевой и приводораздельной частях бассейна, среди них доминируют частичные приречья и водосборы (10 МВ) собственно Западного Буга. Согласно анализу промежуточных показателей водосборов с высокой экологической устойчивостью, для 8 МВ характерны очень низкие значения трех промежуточных показателей и высокие и очень высокие – одного (преимущественно показателя лесистости).

Очень высокие показатели экологической устойчивости к антропогенным нагрузкам отмечаются лишь для трех МВ, занимающих 2,5% площади бассейна: частичное приречье Западного Буга от впадения реки Лесная до замыкающего створа бассейна, частичный водосбор Шацких озер и замкнутая бессточная область в бассейне реки Мухавец. Для первых двух характерно доминирование очень низких и низких промежуточных показателей в сочетании с очень высоким значением одного показателя (нормы стока – для первого и озерности – для второго). Для замкнутой бессточной области в бассейне реки Мухавец отмечаются нулевые показатели нормы стока и озерности и высокие и очень высокие показатели лесистости и болотистости.

Согласно оценке потенциальной экологической опасности (рисунок 2), большинство водосборов относится к группе со средними значениями данного показателя и лишь 2 водосбора, отмечаются очень высокой экологической опасностью.

42 малых водосбора с площадью 29,2% территории бассейна характеризуются очень низкими и низкими показателями экологической опасности. Данные водосборы преобладают в северной равнинной части бассейна. Для водосборов с очень низкими значениями экологической опасности отмечаются только нулевые, очень низкие и низкие промежуточные показатели. Для водосборов с низкой экологической опасностью характерна разнообразная структура показателей оценки. Чаще всего встречаются водосборы со средними либо высокими значениями одного из показателей, низкими – для двух и нулевым – для одного (доли городских территорий).

Более 50% территории бассейна (58,8%) занимают 77 водосборов со средними показателями экологической опасности. Для данных водосборов характерно более 30 вариантов сочетаний промежуточных показателей, однако для большинства водосборов характерно наличие для одного из показателей оценки высокого или очень высокого значений, а также нулевого – для второго.



Рисунок 2 – Значения комплексных показателей экологической устойчивости и потенциальной опасности малых водосборов трансграничной части бассейна р. Западный Буг

Высокими значениями комплексного показателя потенциальной экологической опасности отличаются 18 МВ, которые занимают 11,4% территории бассейна. Данные водосборы встречаются чаще всего небольшими группами в пределах Западного и Малого Полесья, Волынской и Подольской возвышенностей. Существенным отличием данных водосборов от предыдущих групп является наличие в их пределах (за исключением одного МВ) городских территорий, таким образом, в структуре их оценки отсутствуют нулевые показатели.

К водосборам с очень высокой потенциальной экологической опасностью относятся ЧВ реки Свиня до впадения реки Млиновка и ЧВ реки Полтва до впадения реки Билка, занимающие 0,7% территории бассейна. Данные водосборы, в первую очередь, характеризуются самой высокой в пределах бассейна долей городских территорий. Остальные показатели характеризуются высокими значениями, за исключением показателя плотности сельского населения для ЧВ реки Полтва до впадения реки Билка.

На основании интегральной оценки экологического состояния малых водосборов, учитывающей рассчитанные показатели экологической устойчивости и опасности, была проведена типизация малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг по экологическому состоянию (рисунок 3). Анализ полученной картосхемы с учетом комплексных показателей экологической устойчивости и опасности представлен в таблице.

Таблица – Структура экологического состояния типов малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг

Тип малого водосбора	Показатель экологической устойчивости	Показатель экологической опасности	Площадь малых водосборов (% от площади бассейна)		Количество малых водосборов	
			1	2	1	2
I	Высокий	Очень низкий	0,78	2,5	2	4
	Очень высокий	Очень низкий	0,35		1	
	Очень высокий	Низкий	1,37		1	
II	Средний	Очень низкий	2,2	18,27	3	26
	Средний	Низкий	4,87		9	
	Высокий	Низкий	7,9		11	
	Высокий	Средний	2,56		2	
	Очень высокий	Средний	0,74		1	
III	Низкий	Низкий	11,3	15,71	14	18
	Средний	Средний	3,91		3	
	Высокий	Высокий	0,5		1	
IV	Очень низкий	Низкий	0,39	62,07	1	88
	Очень низкий	Средний	4,11		9	
	Низкий	Средний	47,45		62	
	Низкий	Высокий	10,12		16	
V	Очень низкий	Высокий	0,75	1,45	1	3
	Очень низкий	Очень высокий	0,29		1	
	Низкий	Очень высокий	0,41		1	

Примечание – 1 – количество и площадь малых водосборов для каждого встречающегося подтипа, 2 – суммарное количество и площадь малых водосборов для типа.

Согласно рисунку 3 и таблице, большинство малых водосборов (88 МВ), занимающих 62,1% территории бассейна, относится к четвертому типу, характеризующемуся удовлетворительным экологическим состоянием. Данные водосборы доминируют в южной части бассейна, где занимают более 85% территории. Самым распространенным подтипом в данной группе, а также в пределах всего бассейна, являются водосборы с низкой экологической устойчивостью и средним показателем экологической опасности (62 МВ, 47,5% территории бассейна).

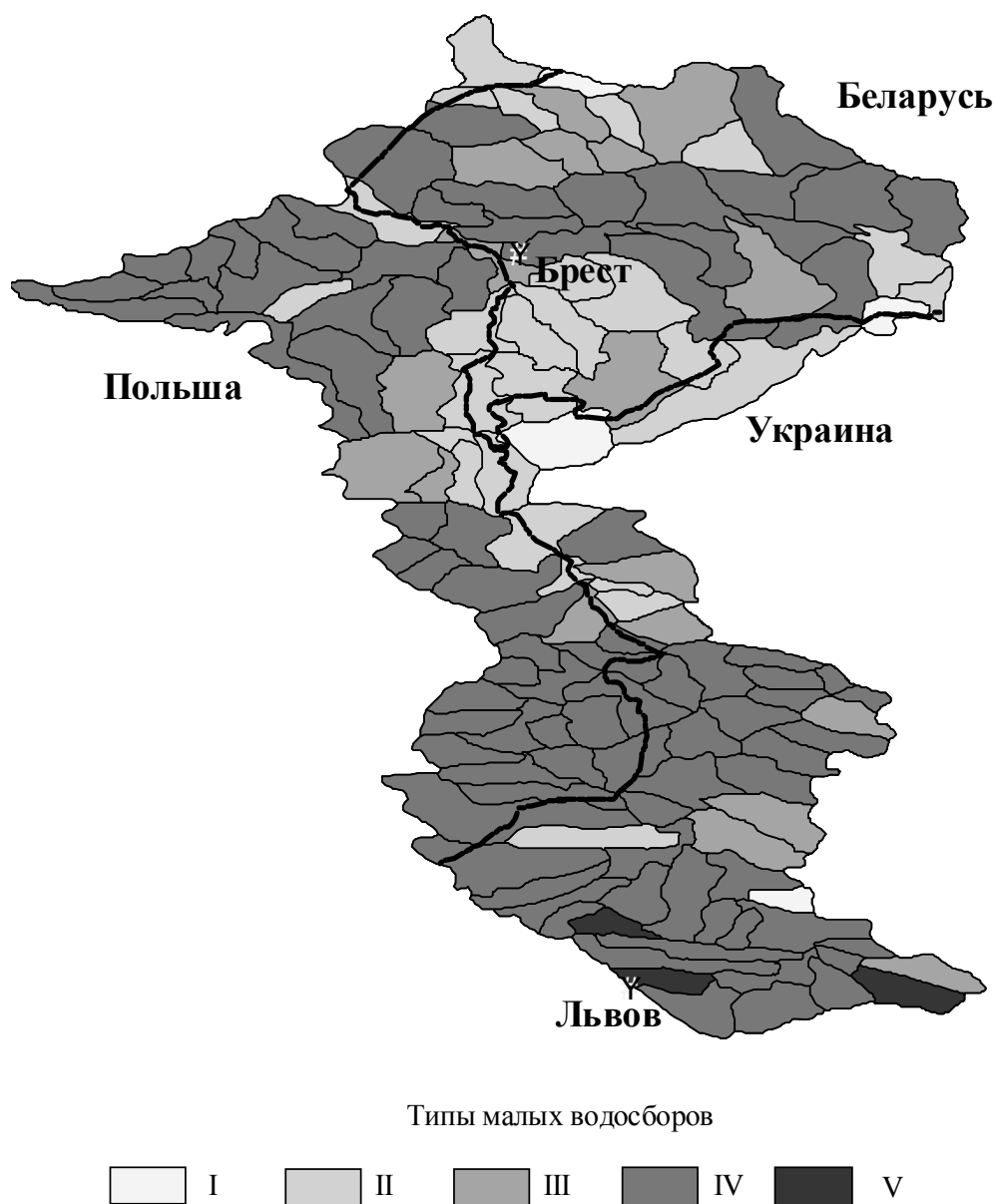


Рисунок 3 – Типизация малых водосборов трансграничной части бассейна реки Западный Буг по экологическому состоянию

К первому типу малых водосборов, с очень хорошим экологическим состоянием, относятся 4 МВ, занимающих 2,5% территории бассейна. Данные водосборы характеризуются очень высокой и высокой экологической устойчивостью в сочетании с очень низкой и низкой экологической опасностью. Большинство водосборов этого типа (3 МВ) расположены в пределах северной равнинной части территории.

Ко второму типу МВ, с хорошим экологическим состоянием, относятся 26 водосборов (18,3% территории бассейна). Данный тип малых водосборов характеризуется самым широким диапазоном соотношений уровней экологической устойчивости и опасности (5 подтипов). Преобладают водосборы с высокой и средней экологической устойчивостью в сочетании с низкой экологической опасностью (20 МВ). Показательно, что 21 из 26 водосборов данного типа располагаются в пределах Западного Полесья.

Третий тип малых водосборов (со средним экологическим состоянием) характеризуется полным соответствием значений экологической устойчивости и опасности в пределах оцениваемой территории, занимает 15,7% бассейна и представлен 18 малыми водосборами. Преобладают водосборы с низкой экологической устойчивостью в сочетании с низкой экологической опасностью (14 МВ). География водосборов данного типа достаточно разнообразна, однако большая часть МВ расположена в пределах полесской части территории (10 водосборов).

Пятый тип малых водосборов с низкой и очень низкой устойчивостью в сочетании с высокой и очень высокой опасностью характеризуется неудовлетворительным экологическим состоянием. К данному типу относятся 3 малых водосбора, которые располагаются в южной возвышенной части территории и занимают 1,45% территории бассейна.

Заключение

Таким образом, в настоящем исследовании была предложена и обоснована методика оценки экологического состояния крупного речного бассейна. Данная методика представляет собой оценку экологической устойчивости и потенциальной экологической опасности территорий малых водосборов, была апробирована для территории трансграничной части бассейна реки Западный Буг. Согласно результатам исследования, более 63% оцениваемой территории характеризуются удовлетворительным и неудовлетворительным экологическим состоянием. Малые водосборы указанных типов доминируют в южной части бассейна, где занимают более 85% территории. Полученные результаты могут использоваться для разработки предложений по оптимизации мониторинга поверхностных вод, их рациональному использованию и охране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенные изменения водного компонента окружающей среды в Ростовской области / Н.И. Коронкевич [и др.] // Известия РАН. Сер. географическая. – 1999. – № 6. – С. 48–54.
2. Логинов, В.Ф. Современное антропогенное воздействие на водные ресурсы Беларуси / В.Ф. Логинов, М.Ю. Калинин, В.Ф. Иконников. – Минск : ПолиБиг, 2000. – 284 с.
3. Новик, С.М. Геоэкологическая оценка потенциала водных ресурсов Минской области / С.М. Новик // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии: материалы междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Г.В. Богомоллова, Минск, 1–3 июня 2005 г. : в 2-х т. / Ин-т геохимии и геофизики НАН Беларуси; редкол.: Я.И. Аношко [и др.]. – Минск : ИГиГ, 2005. – Т. 2. – С. 82–84.
4. Complex systems and valuation / К.Е. Limburg [et al.] // Ecological Economics. – 2002. – Vol. 41, Issue 3. – P. 409–420.
5. Войтов, И.В. Научные основы рационального управления и охраны водных ресурсов трансграничных рек для достижения устойчивого развития и экологически безопасного водоснабжения Беларуси / И.В. Войтов. – Минск : Современное слово, 2000. – 476 с.
6. Ясинский, С.В. Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек / С.В. Ясинский // Известия Рос. акад. наук. Сер. географическая. – 2000. – № 4. – С. 74–82.
7. Ясинский, С.В. Геоэкологическое районирование водосбора (на примере Истринского водохранилища) / С.В. Ясинский // Водные ресурсы. – 2004. – Т. 31, № 5. – С. 627–634.

8. Miloradov, R.M. Water resources assessment as the basic tool for sustainable and environmentally sound river basin management / R.M. Miloradov, P. Marjanovic, Z. Cukic // *Water Science Technology*. – 1995. – Vol. 32, № 5–6. – P. 45–53.
9. Токарчук, О.В. Концепция структуры гидрографической сети (на примере трансграничной части бассейна реки Западный Буг) / О.В. Токарчук // IX Респ. науч. конф. студентов и аспирантов Беларуси «НИРС–2004»: тезисы докладов, Гродно, 26–27 мая 2004 г.: в 8 ч. / Редкол.: А.И. Жук [и др.]. – Гродно, 2004. – Ч. 1. – С. 150–152.
10. Токарчук, О.В. Гидрологическая характеристика трансграничной части бассейна реки Западный Буг / О.В. Токарчук // *Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук*. – 2008. – № 2(31). – С. 114–125.
11. Хортон, Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов: гидрофизический подход к количественной морфологии / Р. Хортон; под ред. М.А. Великанова. – М. : Госиздат. иностр. литературы, 1948. – 158 с.
12. Воронков, Н.А. Роль лесов в охране вод / Н.А. Воронков. – Л. : Гидрометеоиздат, 1989. – 285 с.
13. Львович, М.И. Человек и воды. Преобразование водного баланса и речного стока / М.И. Львович. – М. : Географгиз, 1963. – 568 с.
14. Федорович, Д.В. Особенности функционирования урбанизованного водосборного бассейна (на примере бассейна р. Ходынки, г. Москва) / Д.В. Федорович [и др.] // *Геоморфология*. – 2004. – № 3. – С. 29–36.
15. Landscape indicators of human impacts to riverine systems / S.E. Gergel [et al.] // *Aquatic Sciences*. – 2002. – Vol. 64. – P. 118–128.
16. Токарчук, С.М. Опыт создания гидроэкологической геоинформационной системы речного бассейна (на примере трансграничной части бассейна реки Западный Буг) / С.М. Токарчук, О.В. Токарчук // *Вучоныя запіскі Брэсцкага ўніверсітэта*. – 2009. – Т. 5. – Ч. 2. – С. 157–165.
17. Арманд, Д.Л. Балльные шкалы в географии / Д.Л. Арманд // *Изв. АН СССР. Сер. географическая*. – 1973. – № 2. – С. 111–123.
18. Мухина, Л.И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов / Л.И. Мухина. – М. : Наука, 1973. – 96 с.
19. Токарчук, О.В. Физико-географическое районирование трансграничной части бассейна реки Западный Буг / О.В. Токарчук // *Вестн. Бел. гос. ун-та. Сер. 2. Химия. Биология. География*. – 2005. – № 3. – С. 88–92.

O.V. Tokarchuk, S.M. Tokarchuk. Complex Assessment of an Ecological Condition of Small Catchment Area of Transboundary Part the Basin of River Western Bug

The article describes experience of a complex assessment of an ecological condition of river basins on an example of small catchment area of transboundary part the basin of river Western Bug. The paper views the aim, the main assessment phases, territorial units and assessment indicators. The complex assessment of an ecological condition of small catchment area of transboundary part the basin of river Western Bug includes two stages: an assessment of ecological stability of small catchment area to man's impact and potential ecological hazard. For each of assessment blocks four intermediate estimated indicators were used. The result of the article were five type of small catchment area of transboundary part the basin of river Western Bug on an ecological condition.