

УДК 911.2:556.5

**ОПЫТ  
ПРИМЕНЕНИЯ  
ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ  
КЛАССИФИКАЦИИ РУСЕЛ  
ПО МЕТОДИКЕ РОЗГЕНА  
К ВОДОТОКАМ БЕЛАРУСИ**

**Ю. Ю. Трифонов,**  
аспирант  
кафедры инженерной  
геологии и геофизики БГУ

Поступила в редакцию 2.02.18.

UDC 911.2:556.5

**EXPERIENCE  
OF APPLYING  
THE HYDROMORPHOLOGICAL  
CLASSIFICATION OF RIVERBEDS  
BY ROSGEN'S METHODS TO THE  
WATERCOURSES OF BELARUS**

**Y. Trifonov,**  
Post-Graduate  
Student of the Department of  
Geology and Geophysics, BSU

Received on 2.02.18.

Классификация элементов водотоков является ключом к пониманию основных закономерностей их эволюции. Одной из выдающихся типизаций участков рек является классификация Розгена. В работе рассмотрена возможность применения этой классификации, носящей морфологический характер, для водотоков на территории Беларуси. Типизация водотоков основывается на дифференциации особенностей планового, продольного и поперечного строения современных русел и пойм рек. Она проведена по материалам ДЗЗ и электронных топографических карт. Для региона характерными являются участки водотоков типов С, D, DA, E, F и G. Водотокам Беларуси свойственны песчаный характер материала русла и слабые (<1 %) уклоны. Применение указанной классификации перспективно при прогнозировании изменения типов водотоков в процессе планирования гидротехнического и иного строительства, рекультивации рек, а также при проведении палеогеографического анализа.

*Ключевые слова:* классификация рек, морфология водотоков, данные зондирования Земли (ДЗЗ), методика Розгена.

The classification of stream features is a key to understanding the general regularities of their occurrence. The Rosgen classification of rivers is the prominent one. The paper discusses a possibility of applying this classification, which bears morphological character, for the streams within the Belarusian territory. The streams typology is based on the differentiation features of a planned longitudinal and transverse structure of modern channels and floodplains. It was carried out according to remote sensing data and digital topographic maps. The typical stream pattern types of the region are C, D, DA, E, F and G. The Belarusian streams are characterized by sandy bed material and low (<1%) slopes. Using of this classification is promising in predicting changes in the types of streams in the planning process, hydrotechnical and other construction, river restoration, as well as palaeogeographic analysis.

*Keywords:* classification of rivers, streams morphology, remote sensing data, method of Rosgen.

**Введение.** Определение и понимание процессов и закономерностей, обуславливающих проявление различных вариантов поведения речных систем, долгое время является целью геолого-геоморфологических исследований. Наиболее раннюю общую типизацию речных долин выполнил В. М. Дэвис в своей работе «Географический цикл» в 1899 г. Он выделял молодые, зрелые и старые долины в соответствии с текущей стадией эрозионного цикла [1]. Вначале данная схема сыграла основополагающую роль в формировании представлений о процессах рельефообразования. Впоследствии она подвергалась критике, так как не учитывала

всех элементов физико-географической среды (климата, растительности и т. д.).

Одна из первых классификаций русел была основана на оценке степени их устойчивости – интегральной характеристике интенсивности переформирования. В 1930-е годы М. И. Львович [2], используя число Лохтина ( $L = d/H$ , где  $d$  – крупность наносов;  $H$  – километрическое падение, определяющее силу скоростного напора потока), разделил русла рек на устойчивые и неустойчивые. Впоследствии были предложены различные модификации этой классификации. Используя число Лохтина и коэффициент стабильности ( $K_c = (d/B_p l) 1000$ , где  $l$  – уклон реки;  $B_p$  –

средняя ширина меженного русла), Н. И. Маккавеев [3] и Р. С. Чалов [4] разделили русла на неустойчивые, малоустойчивые, относительно устойчивые и устойчивые. Позже перечень был дополнен абсолютно устойчивыми и абсолютно неустойчивыми руслами [5].

Иной подход к типизации русел был предложен Р. Э. Хортоном [6]. В его основе лежит присвоение порядковых номеров участкам речной сети по мере их слияния от истоков к устью. Борозда первичного потока названа Р. Э. Хортоном потоком первого порядка. Слияние потоков первого порядка образует потоки второго порядка; их слияние образует потоки третьего и т. д. (в русскоязычной гидрографической литературе принят иной порядок счета притоков: притоки, впадающие непосредственно в главную реку, – притоки первого порядка, притоки, впадающие в них, – второго и т. д.). Р. Э. Хортон использовал эмпирические формулы, полученные в результате статистического анализа морфометрических показателей речных систем, для выявления связи между порядком потока, длиной русла, площадью бассейна и другими элементами.

Н. И. Маккавеев [7] более рационально разделил типы водотоков, составляющие речные системы. Отказавшись от порядковой нумерации, он выделил и подробно описал три основных звена сети водных потоков, текущих по поверхности суши: верхнее звено – склоновые нерусловые потоки (не рассматриваемые Р. Э. Хортоном), среднее звено – временные русловые потоки (овражно-балочная сеть) и нижнее звено – реки. Рассматривая в рамках типизации склоновые нерусловые потоки, Н. И. Маккавеев подчеркивает важность понимания условий, необходимых для появления русловой сети, и пытается установить закономерности формирования рельефа междуречий. Также Н. И. Маккавеев первым обосновал необходимость выделения равнинных, полугорных и горных рек [5]. Для равнинных рек он выделяет по характеру развития эрозии и аккумуляции отложений следующие типы пойм: 1) поймы районов развития боковой эрозии (двух- и односторонние); 2) поймы в местах впадения притоков; 3) поймы районов с преобладанием глубинной эрозии; 4) поймы приустьевых участков и дельт [7].

Широко распространены классификации речных русел по их очертаниям в плане и соответствующим им горизонтальным деформациям. Они получили название морфодинамических или гидролого-морфодинамических, так как развитие тех или иных форм русла определяется водностью потока, стоком и формой движения наносов. Первая морфодинамическая классификация речных русел принадлежит К. И. Россинскому и И. А. Кузьмину [8], выделившим прямолинейные (тип деформаций – периодическое расширение), извилистые (развитие излучин, меандрирование) и разбросанные (блуждание) русла. Классификация ограничена применением для равнинных рек, русла которых формируются в условиях свободного развития русловых деформаций.

Л. Б. Леопольд и М. Г. Вольман [9] также являются авторами классификации морфодинамического характера. Они выделяли прямолинейные, меандрирующие и разветвленные потоки. Л. Б. Леопольд и М. Г. Вольман стремились численно определить пограничные значения между меандрирующим и разветвленным руслом, рассматривая переход одного типа в другой как функцию уклона и расхода. В качестве дополнительных факторов, влияющих на тип русла, были выделены материал русла, его шероховатость, объем транспорта отложений, прибрежная растительность, ширина и глубина русла.

Во второй половине XX века плановые очертания остаются одним из ведущих признаков классификации речных русел, но наряду с ними учитываются транспортирующая способность потока, устойчивость русла, форма транспорта наносов, направленность вертикальных деформаций (врезание или аккумуляция наносов). В русскоязычной литературе наиболее отчетливо это проявилось в классификации Государственного гидрологического института (ГГИ), получившей широкое распространение, в том числе благодаря использованию ее в нормативной литературе. Первый вариант этой классификации был предложен И. В. Поповым [10]. Окончательная форма вошла в монографию Н. Е. Кондратьева и др. [11]. В классификации типы русла располагаются в последовательности изменения транспортирующей способности потока: 1) ленточно-рядовой; 2) побочный; 3) меандрирование ограниченное; 4) меандрирование свободное; 5) меандрирование незавершенное; 6) пойменная многорукавность; 7) осередковый тип или русловая многорукавность. В классификации обобщенно рассмотрены разветвленные русла, а прямолинейные отсутствуют, хотя к ним можно от-

нести типы русла, выделенные по формам руслового рельефа (ленточным грядам, побочням, осередкам).

Р. С. Чаловым и др. [12] дан обзор морфодинамических классификаций русел рек, разработанных в Китае. В них в самостоятельные блоки выделяются меандрирующие, прямолинейные и разветвленные русла. В ряде классификаций учитывается специфика русловых процессов на китайских реках (большой сток наносов), отдельно выделяется блуждающее русло, неидентичное разветвленным (многорукавным, разбросанным и блуждающим) в русскоязычной литературе. Отличительной чертой китайских классификаций русел является учет широкого спектра условий их формирования. Они в основном разработаны для свободных условий развития русловых деформаций равнинных рек. Русла горных и полугорных рек, врезанные русла равнинных рек, формирующиеся в условиях ограниченного развития деформаций, отсутствуют, занимают второстепенное положение или включаются в качестве дополнений.

Последней из предложенных в русскоязычной литературе типизаций русел рек является морфодинамическая классификация Р. С. Чалова [13], опубликованная в 1996 г. [5]. Она также основана на принципе независимости развития трех основных типов русел. Учтены особенности взаимодействия потока и русла в свободных и ограниченных условиях развития русловых деформаций, определяемых геолого-геоморфологическим строением долин рек, различия в механизме русловых процессов на горных, полугорных и равнинных реках. В связи с этим русло каждого из основных морфодинамических типов (меандрирующее, извилистое; разветвленное; относительно прямолинейное, неразветвленное) может быть широкопойменным, врезанным и адаптированным, равнинным, полугорным и горным. Далее каждое из них подразделяется на разновидности, отличающиеся по форме русла и характеру русловых деформаций. Отдельными блоками в этой классификации учитывается состав руслообразующих наносов и устойчивость русла. Данная схема характеризуется наибольшей полнотой учета всевозможных вариантов морфодинамических состояний русла. В силу этой причины она представляет собой довольно сложную систему классифи-

кации, практическое применение которой может вызвать затруднения у специалистов.

В настоящее время широкое распространение получает гидроморфологическая классификация русел Д. Л. Розгена [14]. Она основывается, главным образом, на градации морфологических характеристик участков русла и поймы рек и отличается сравнительной простотой и широким спектром применения. Для характеристики водотоков Д. Л. Розген предлагает использовать четыре уровня описания морфологических особенностей и физико-географических условий в которых они протекают. Первые два положены в основу рассматриваемой классификации. На I уровне классификации предлагается выделять восемь основных типов водотоков («major stream types», далее – типы): А, В, С, D, DA, E, F и G – по принципу различий в поперечном профиле долины, продольном профиле и плановых очертаниях русла (рисунок 1). В качестве дополнительных признаков классификации участков русла Д. Л. Розген использует ландшафт, литологию, почвы, климат, историю отложений, рельеф бассейна, эволюцию ландшафта, морфологию долины.

Для II уровня классификации подобраны удобные с точки зрения регистрации и измерения параметры, полным образом отражающие морфологию русла. Регистрируются уклон, извилистость, ширина ( $B$ ) и глубина ( $D$ ) русла, преобладающий материал ложа. Восемь основных типов разделены на 94 подтипа («minor stream type») по принципу различия в числовых показателях коэффициента врезания, соотношения  $B/D$ , коэффициента извилистости, уклона, а также среднего размера частиц материала русла (рисунок 2). При этом под коэффициентом врезания понимается соотношение ширины регулярно затапливаемой территории к ширине русла в бровках поймы. Предлагается определять ширину регулярно затапливаемой поймы как расстояние между симметрично расположенными относительно русла гипсометрическими отметками, вдвое превышающими высоту бровки поймы относительно тальвега (в русскоязычной гидрографической литературе измерение ширины русла, как правило, предлагается производить по межennomu уровню, а не по бровкам поймы) [14].

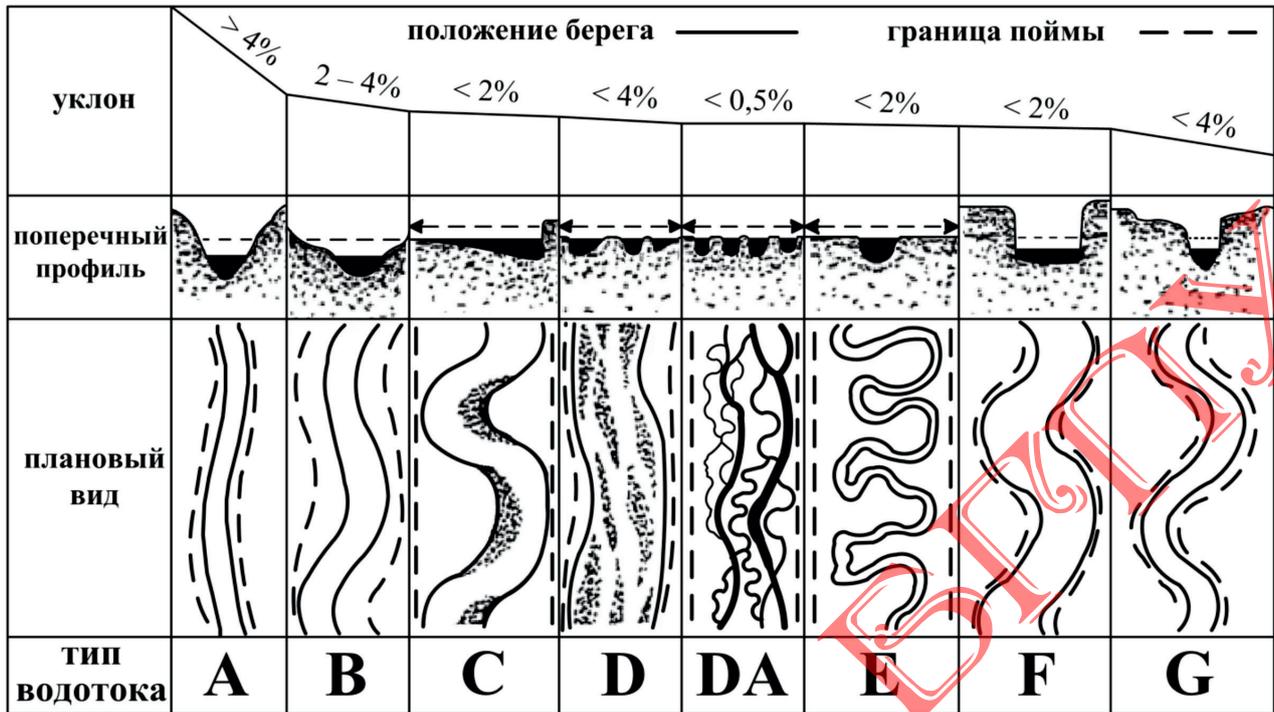


Рисунок 1 – I уровень классификации. Продольный, поперечный и плановый вид основных типов водотоков [14]

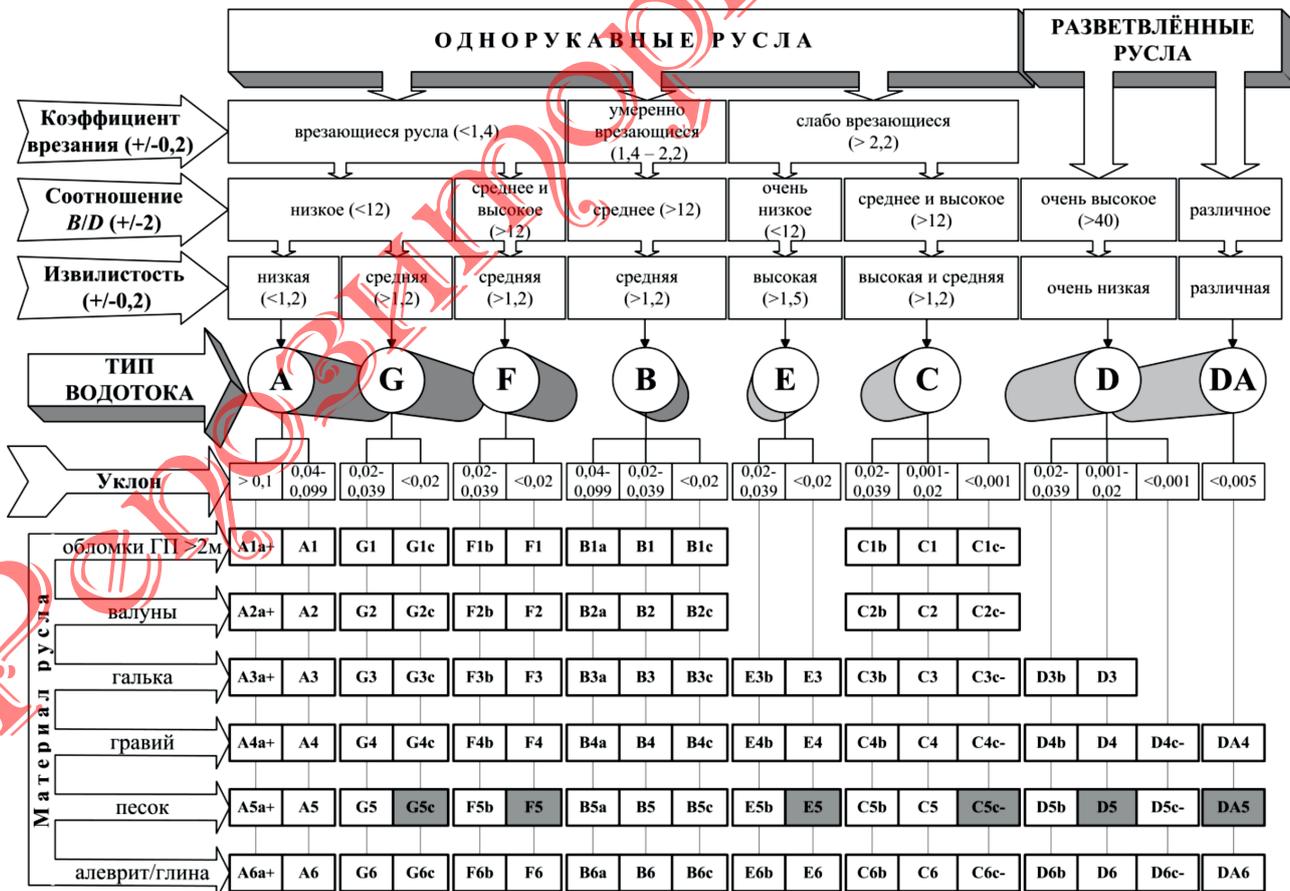


Рисунок 2 – Ключ ко II уровню классификации [14].  
 Серые прямоугольники – подтипы, характерные для территории Беларуси

**Таблица 1 – Эмпирические зависимости средней глубины русла от параметров меандрирования [15]**

№	Уравнение	Допустимые условия
1	$D = 0,027L_m^{0,66}$	$10 \leq L_m \leq 23200\text{м}$
2	$D = 0,036L_b^{0,66}$	$7 \leq L_b \leq 13300\text{м}$
3	$D = 0,037B_m^{0,66}$	$5 \leq B_m \leq 11600\text{ м}$
4	$D = 0,085R_c^{0,66}$	$2,6 \leq R_c \leq 3600\text{ м}$
5	$D = 0,12W^{0,69}$	$1,5 \leq W \leq 4000\text{ м}$
6	$D = 0,09W^{0,59}K^{1,46}$	$1,5 \leq W \leq 4000\text{ м}; 1,2 \leq K \leq 2,6$

$L_m$  – длина волны меандрирования,  $L_b$  – длина излучины,  $B_m$  – ширина пояса меандрирования,  $R_c$  – радиус кривизны излучины,  $W$  – ширина русла,  $K$  – коэффициент извилистости

### **Материалы и методы исследования.**

В качестве основного источника информации при исследовании белорусских рек выбраны материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), открытые для свободного пользования. Снимки земной поверхности соответствующего размера исследуемого объекта пространственного разрешения обладает достаточной информативностью для установления таких характеристик водотока, как общий плановый вид, коэффициенты извилистости и врезания (отношение ширины русла к ширине низкой поймы). Использование данных ДЗЗ высокого и сверхвысокого пространственного разрешения позволяет оценить даже такие морфологические характеристики водотока, как рельеф ложа, находящийся под водной поверхностью. А при наличии снимков одного и того же участка реки в разные сезоны года становится возможным оценка амплитуды колебания уровня в половодье и межень, определение затопляемой территории и т. д.

Для определения уклона реки использовались электронные топографические карты (ЭТК) масштаба 1 : 100 000 в цифровом формате *sxf*. В целях более точного определения абсолютного превышения участков русла производилось построение матриц высот местности с учетом метрики линейных и площадных гидрографических объектов в среде специального программного обеспечения «Panorama 10» (ГИС Карта 2008).

По топокартам оценивались глубины русел. Для меандрирующих рек, в случае отсутствия на данном изучаемом участке водотока пояснительной подписи характеристик русла, глубина определялась с помощью формул зависимости средней глубины от характеристик меандрирования (таблица 1). Данные зависимости, впервые полученные эмпирическим методом [15], позволяют отно-

сительно точно рассчитывать среднюю глубину русла и другие параметры.

В качестве преобладающей фракции в составе руслоформирующего материала для рек Беларуси были приняты пески различного гранулометрического состава.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Меандрирующие участки русел (тип С) встречаются в долинах основных белорусских рек и низовьях их главных притоков. Они преобладают на поймах Днепра, Сожа, Березины, Припяти, Западного Буга, Немана, встречаются на Вилии, но не характерны для Западной Двины. Участки характеризуются низким уклоном и хорошо развитой поймой, поперечный профиль русла имеет корытообразную форму, асимметричную в местах изгибов русла из-за повсеместно распространенных плесов, перекаатов и побочней. Для рельефа широких аллювиальных долин характерны террасы. Подтип С5с на участке р. Сож в районе впадения р. Ельня изображен на схеме (уклон = 0,1 ‰; врезание = 33,6;  $B/D = 26$ ; извилистость = 1,7) (рисунок 3а). На основном протяжении участка отсутствуют факторы, приводящие к ограничивающим горизонтальным переформированиям русла. Имеет место активная боковая эрозия и значительная степень плановой неустойчивости русла, выраженная в интенсивном развитии свободных излучин. Об этом свидетельствуют обрывистые участки на подмываемых берегах, образование серповидных стариц и грив. Пойма на основном протяжении широкая, двусторонняя. В инженерном отношении участки типа С являются весьма проблематичными для использования. При размещении сооружений (трубопроводы, водозаборы, опоры ЛЭП, мостов и т. д.) необходим обязательный учет скорости изменения излучин и стадии их развития, а также тща-

тельный выбор места с наименьшей скоростью плановых деформаций (например, в местах перегибов при свободном развитии излучин). Актуальным также является применение средств защиты – укрепления берега на участке сооружения, возведение дамб и пр. Создание водохранилищ, в особенности гидроэнергетического назначения,

на большинстве участков данного типа на территории Беларуси представляется неоправданным. Так как, несмотря на относительно высокую удельную мощность потоков данного типа, строительство плотины приводит к затоплению значительных площадей, о чем свидетельствуют высокие показатели коэффициента врезания.

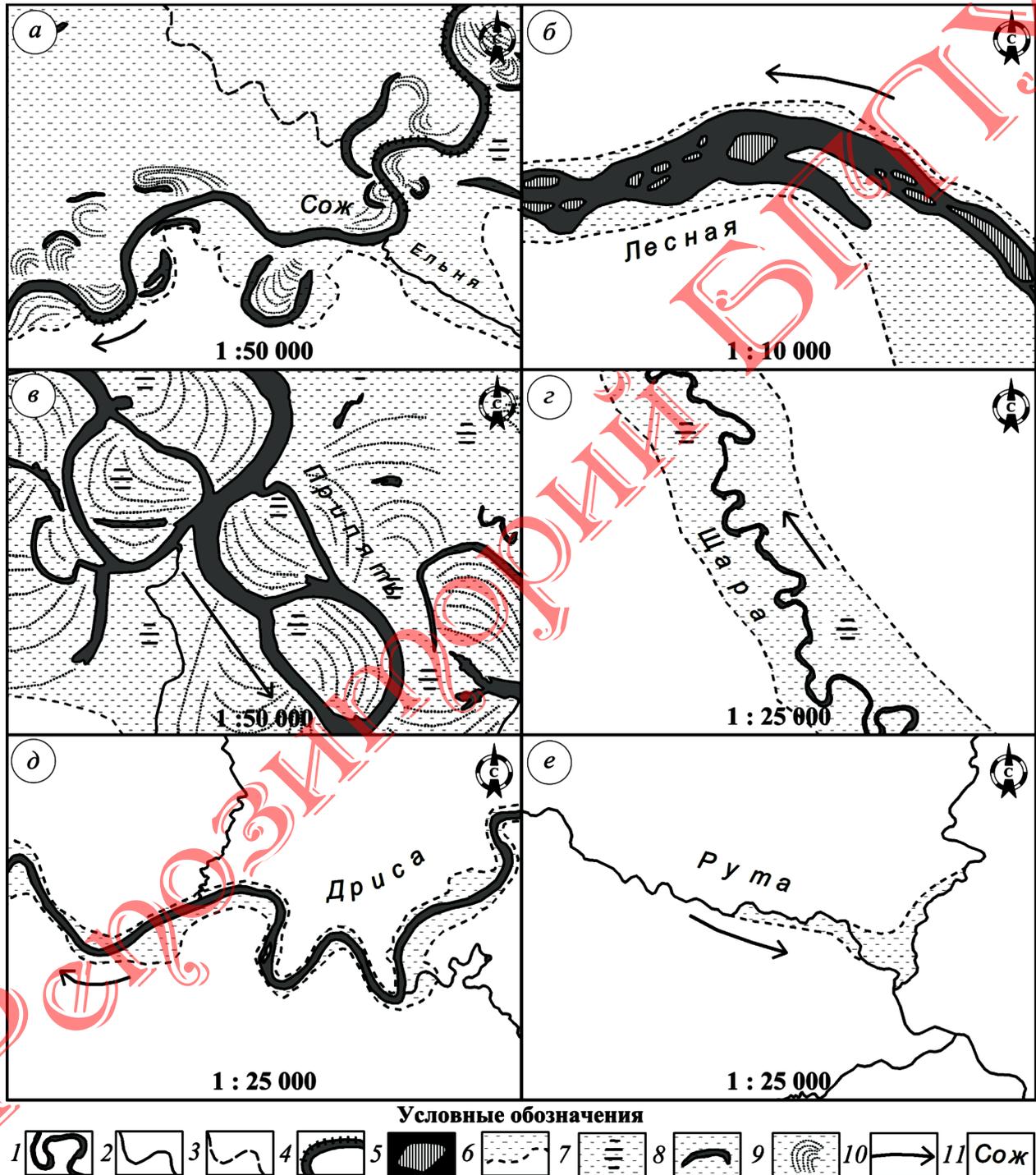


Рисунок 3 – Типы водотоков классификации Розгена на различных участках рек Беларуси:  
 1 – русла шириной, выраженной в масштабе схемы; 2 – русла шириной, не выраженной в масштабе схемы; 3 – временные водотоки; 4 – обрывистые берега; 5 – острова, образовавшиеся в результате отложений твердого стока; 6 – территория поймы; 7 – заболоченность; 8 – старицы; 9 – веера блуждания русла; 10 – направление течения; 11 – названия рек

*Участки образования русловых островов (тип D)* условно можно выделить среди прочих типов в долинах Припяти, Западной Двины и Западного Буга. Их распространение на территории Беларуси носит эпизодический характер, протяженность, как правило, не больше километра, а количество протоков редко превышает двух. Такие участки на реках всей Русской равнины развиваются при значительном объеме переносимых наносов в условиях, благоприятствующих замедленной их транспортировке (уменьшение уклона) [10]. На них поток теряет способность к меандрированию, спрямляется, а наносы отлагаются в центральной части русла, образуя в значительном количестве часто неустойчивые осередки и острова. Подтип D5с- на участке р. Лесная вблизи места впадения в р. Западный Буг изображен на схеме (уклон = 0,3 ‰; извилистость = 1,1) (рисунок 3б). Основной объем переформирования русла выражается в образовании и размыве островов-осередков. На таких участках постоянно происходит перераспределение стока между протоками, что создает большую неустойчивость течений и возможность резкого изменения направления русла. В таких случаях возможны резкие внезапные переформирования всего пойменного массива. О подобных переформированиях в прошлом на отрезке р. Лесная свидетельствуют очертания поймы и наличие крупного затона на левом берегу, образование которого трудно объяснить иначе как сменой направления русла в результате его перегрузки донными отложениями. В целом в строении долины отсутствуют факторы, ограничивающие развитие русловых деформаций. Инженерное освоение подобных участков рек также требует использования ранее упомянутых средств защиты. Более того, оно представляется еще более проблематичным, чем освоение участков типа С. Дело в том, что плановые деформации русла типа D не только интенсивны, но и до определенной степени непредсказуемы в сравнении с предыдущим типом, где переформирования обусловлены развитием и/или смещением меандров. Хаотичный характер имеет и распределение донных отложений при образовании осередков в отличие от последовательного чередования плесов, побочной и перекаатов при формировании излучин. Это определяет необходимость расчистки дна у водозаборов и выходов подводных каналов.

*Участки типа DA* на территории Беларуси встречаются в низовьях Сожа, на пойме Днепра при приближении ее к месту впадения в Киевское водохранилище. Наибольшее распространение они получили в долине Припяти. Здесь на пойменную многорукавность приходится 23 % морфодинамических типов русел [16]. Участки этого типа характеризуются, в первую очередь, присутствием устойчивых пойменных островов, а также очень низким уклоном, заболоченной плавневой поймой и широкой долиной. Тип DA развивается при условии регулярного глубокого и продолжительного затопления поймы. Затопление обуславливает образование пойменных протоков, превращающихся в постоянно действующие спрямления излучин, что может привести к появлению достаточно сложной системы постоянных протоков. Участки водотоков типа DA являются наиболее благополучными с точки зрения сохранения естественного экологического состояния и функционирования речной системы среди прочих типов, встречающихся на территории Беларуси. Подтип DA5 на участке р. Припять на территории Полесского радиационно-экологического заповедника изображен на схеме (уклон < 0,1 ‰) (рисунок 3в). Он характеризуется широкой двусторонней поймой. При размещении инженерных сооружений на таких участках необходим учет стадии развития спрямления и типа преобладающих деформаций на спрямляющих протоках. При необходимости контроля над скоростью плановых деформаций актуальным может являться стимулирование/задержка спрямлений. Дополнительной трудностью при хозяйственном освоении пойм участков типа DA может стать повышенная степень их заболоченности. Строительство водохранилищ на участках данного типа не оправдано.

*Участки водотоков типа E* являются самыми распространенными на реках территории Беларуси. Их можно наблюдать в верховьях Немана и Вилии, в верхнем течении основных притоков первого порядка главных рек страны, а также на многих участках менее крупных рек. Механизм их формирования близок к типу С. Однако они, как правило, имеют меньший объем стока и характеризуются меньшим радиусом кривизны русла, меньшим шагом излучин с большей степенью развитости. Тип E – очень извилистые меандрирующие участки русел с низким уклоном и U-образным поперечным профилем, в которых прослеживается чередо-

вание плесов и перекаатов. У водотоков этого типа широкие аллювиальные долины, развитые поймы. Подтип Е5 на участке р. Щара изображен на схеме (уклон = 0,1 ‰; врезание = 7,1;  $B/D = 8$ ; извилистость = 1,8) (рисунок 3а). На протяжении данного участка отсутствуют факторы и процессы, ограничивающие горизонтальные переформирования русла. Основным видом русловых деформаций является развитие свободных излучин. Отсутствие ярко выраженных эрозионных форм свидетельствует о большей степени устойчивости русла по сравнению с типом С, что является одним из основных отличий между этими типами. При планировании размещения сооружений необходим учет стадии развития излучин. Создание водохранилищ в пределах русла типа Е часто не оправдано в связи с большой площадью затопления. Руслам типа Е, встречающимся на территории Беларуси, свойственна одновременно как очень высокая вероятность нарушения естественного экологического состояния, так и высокая способность к самовосстановлению. Крайне существенна роль прибрежной растительности.

*Немеандрирующие русла типа F* чаще встречается на руслах рек, протекающих в области распространения последнего оледенения, а также в местах пересечения реками конечно-моренных образований. Такие участки, как правило, извилистые, имеют небольшой уклон, широкое, корытообразное, относительно неглубокое русло, врезанное в узкую слаборазвитую пойму. Подтип F5 на участке р. Дрисса изображен на схеме (уклон = 0,1 ‰; врезание = 2,0;  $B/D = 23$ ; извилистость = 1,5) (рисунок 3б). Изгибы русла данного участка носят вынужденный характер. Русла типа F удобны для инженерного освоения. Учету подлежат темпы сползания русловых образований (гряд и побочней). Могут быть необходимы периодические расчистки дна у водозаборов и входов в подводящие каналы. Участки этого типа на территории Беларуси относятся к первой группе экологической приемлемости гидроэнергетического районирования, так как при относительно высокой удельной мощности водотока поперечный профиль долины позволяет избежать чрезмерного затопления близлежащей территории. Вместе с тем участки водотоков типа F являются наиболее уязвимыми с точки зрения сохранения естественного экологического состояния и функционирования речной системы. Это обуславливает не-

обходимость осторожности в процессе хозяйственного освоения долин.

*Участки водотоков типа G* можно наблюдать в верховьях речных долин, берущих начало на краевых ледниковых образованиях Беларуси. К ним также относятся русла временных водотоков, образующие овраги и промоины. В целом данные участки представлены относительно прямолинейными овражистыми водотоками средней крутизны с V-образной формой поперечного профиля. Подтип на участке р. Рута и ее притоках G5с близ д. Бушки (Новогрудская возвышенность) изображен на схеме (уклон = 4 ‰; врезание < 1,4;  $B/D < 12$ ; извилистость = 1,3) (рисунок 3в). Как можно видеть на схеме, водотоки типа G имеют небольшие размеры. Их дешифрирование по данным ДЗЗ производится на основе косвенных признаков, главным образом, по характерной прибрежной растительности. На топокартах территории Беларуси несекретного масштаба (<1 : 50 000) также редко можно обнаружить подробные характеристики русел таких рек и ручьев. Пойма водотоков, изображенных на схеме, едва превышает ширину меженного русла и выражена в масштабе только в местах слияния водотоков. Наиболее «популярным» способом хозяйственного преобразования русел потоков типа G является их канализация и встраивание в искусственную дренажную сеть. Форма поперечного профиля долины этих участков является удачной для создания плотин мини- и микро-ГЭС.

Исходя из рассмотренных выше примеров классификации участков водотоков Беларуси по методике Д. Л. Розгена, с проведением попутных аналогий типов данной классификации с типизацией русловых процессов, предложенных И. В. Поповым [10], становится возможным проведение сопоставления этих систем классификации для водотоков Беларуси (таблица 2).

В международной практике классификация Д. Л. Розгена получила широкое применение в процессе рекультивации рек. Эти мероприятия направлены на восстановление естественного экологического состояния и функционирования речной системы в целях сохранения биоразнообразия, рекреации, противодействия наводнениям, эрозионным процессам. Накоплен значительный объем данных, описывающих восприимчивость различных типов и подтипов водотоков к различным вариантам воздействия и состояния окружающей среды. При планирова-

нии аналогичных мероприятий на территории Беларуси представляется вполне оправданным учет зарубежного, главным образом западноевропейского, опыта рекультивации рек (таблица 3).

Применение классификация Розгена возможно для характеристики динамики развития русловых потоков под воздействием факторов внешней среды. Например, изменение состояния водотока, вызванное созданием гидрологического сооружения на участке его русла либо развитием мелиоративной системы, можно представить как последовательную смену одного типа водотока другими. Их направленность может быть спрогнозирована на основе сценариев преемственности ти-

пов, разработанных Д. Л. Розгеном [17]. Потребность в подобных характеристиках тенденций переформирования русла актуальна при проведении перспективного планирования гидротехнического и иного хозяйственного строительства.

Рассмотренную типизацию можно применять при проведении палеопатомологических исследований рек Беларуси. Водотоки объединены в группы таким образом, что, определив часть необходимых параметров (уклон, извилистость, ширина и глубина русла) изучаемого участка и его типа, появляется возможность выдвигать предположения о показателях остальных характеристик. Возможность проведения подобных предположений

**Таблица 2 – Корреляция типов русел по классификациям Д. Л. Розгена и И. В. Попова и их распространение на территории Беларуси**

Классификация И.В. Попова (ГГИ)	Классификация Д.Л. Розгена	Распространение на территории Беларуси
Осередковый тип	D	Эпизодическое распространение на реках Беларуси
Незавершенное меандрирование	DA	В низовьях Сожа, на пойме Днепра при приближении ее к месту впадения в Киевское водохранилище. Наибольшее распространение они получили в долине Припяти
Пойменная многорукавность		
Свободное меандрирование	E	В верховьях Немана и Вилии, в верхнем течении основных притоков первого порядка главных рек страны, а также на многих участках менее крупных рек
Ограниченное меандрирование	C	В долинах основных белорусских рек и низовьях их главных притоков; преобладают в поймах Днепра, Сожа, Березины, Припяти, Западного Буга, Немана, встречаются на Вилии.
Побочневый тип	F	На руслах рек, протекающих в области распространения последнего оледенения, а также в местах пересечения реками конечно-моренных образований
Врезанные русла с ленточными грядами		
-	G	Верховья речных долин, берущих начало на краевых ледниковых образованиях; русла временных водотоков образующие овраги и промоины.

**Таблица 3 – Совокупность описательных характеристик стабильности русла для водотоков, распространенных на территории Беларуси**

Подтип водотока	Восприимчивость к нарушениям	Способность к самовосстановлению	Объем отложений	Вероятность проявления эрозионных процессов	Влияние растительности
C5c-	Очень высокая	Средняя	Очень большой	Очень высокая	Очень сильное
D5	Очень высокая	Низкая	Очень большой	Очень высокая	Умеренное
DA5	Средняя	Высокая	Малый	Низкая	Очень сильное
E5	Очень высокая	Высокая	Средний	Высокая	Очень сильное
F5	Очень высокая	Низкая	Очень большой	Очень высокая	Умеренное
G5c	Чрезвычайная	Очень низкая	Очень большой	Очень высокая	Сильное

очень полезна в процессе палеогеографического анализа, так как при его проведении исследователь редко имеет возможность определить все необходимые ему данные ввиду существенного разрушения объектов исследования с течением времени.

**Выводы.** 1. Параметры большинства русел потоков Беларуси вписываются в характеристики следующих шести типов классификации Д. Л. Розгена: С, D, DA, E, F и G. Русла переходного типа, важность описания которых подчеркивается некоторыми исследователями [18], как правило, подпадают под классификацию с учетом допустимых погрешностей (рисунок 2).

2. Выделение типов русел водотоков Беларуси упрощает процесс оценки их свойств с точки зрения различных видов хозяйственного освоения: возведения трубопроводов, водозаборов, опор ЛЭП и мостов, создания плотин водохранилищ и других гидротехнических сооружений, охраны окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Davis, W. M.* The geographical cycle / W. M. Davis // Geogr. J. 1899. Vol. 14, № 5. – P. 481–504.
2. *Львович, М. И.* Опыт классификации рек СССР / М. И. Львович // Труды ГГИ. 1938. Вып. 6. – С. 58–104.
3. *Маккавеев, Н. И.* Сток и русловые процессы / Н. И. Маккавеев. – М.: Изд-во МГУ, 1971.
4. *Чалов, Р. С.* Географические исследования русловых процессов / Р. С. Чалов. – М.: Изд-во МГУ, 1979.
5. *Чалов, Р. С.* Речные излуины / Р. С. Чалов, А. С. Завадский, А. В. Панин. – М.: Изд-во МГУ, 2004.
6. *Horton, R. E.* Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology / R. E. Horton // Geological Society of America Bulletin. – 1945. 56. – P. 275–370.
7. *Маккавеев, Н. И.* Русло реки и эрозия в ее бассейн / Н. И. Маккавеев. М. Изд-во АН СССР, 1955.
8. *Россинский, К. И.* Некоторые вопросы прикладной теории формирования речных русел / К. И. Россинский, И. А. Кузьмин // Проблемы регулирования речного стока. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1947. Вып. 1. – С. 88–130.
9. *Leopold, L. B.* River channel patterns – braided, meandering and straight / L. B. Leopold, M. G. Wolman // US Geol. Surv. Prof. Pap. 1957. 282-B. P. 30–85.
10. *Попов, И. В.* Деформации речных русел и гидротехническое строительство / И. В. Попов. – Л.: Гидрометеоздат, 1965.
11. *Кондратьев, Н. Е.* Основы гидроморфологической теории руслового процесса / Н. Е. Кондратьев, И. В. Попов, Б. Ф. Смищенко. – Л.: Гидрометеоздат, 1982.
12. *Чалов, Р. С.* Сток наносов и русловые процессы на больших реках России и Китая / Р. С. Чалов, Шугуан Лю, Н. И. Алексеевский. – М.: Изд-во МГУ, 2000.

3. Описательный характер рассматриваемой типизации позволяет применять ее в качестве универсального средства характеристики водотоков, облегчающего взаимодействие специалистов, деятельность которых связана с русловыми системами.

4. Типы русел выделяемых согласно классификации Д. Л. Розгена тесно коррелируют с классификацией ГГИ.

5. Классификация водотоков по данной методике является сравнительно удобным инструментом прогноза изменений морфологии русел под воздействием внешних факторов и палеопатоморфологического анализа. Вместе с тем Д. Л. Розген не приводит четкого анализа русловых процессов, участвующих в формировании конкретных типов русел. Это обуславливает целесообразность совместного применения его методики с другими классификациями (ГГИ) и методами изучения морфологии русла.

#### REFERENCES

1. *Davis, W. M.* The geographical cycle / W. M. Davis // Geogr. J. 1899. Vol. 14, № 5. – P. 481–504.
2. *Lvovich, M. I.* Opyt klassifikatsii rek SSSR / M. I. Lvovich // Trudy GTI. – 1938. – Vyp. 6. – S. 58–104.
3. *Makkaveyev, N. I.* Stok i ruslovyye protsessy / N. I. Makkaveyev. – M.: Izd-vo MGU, 1971.
4. *Chalov, R. S.* Geograficheskiye issledovaniya ruslovykh protsessov / R. S. Chalov. – M.: Izd-vo MGU, 1979.
5. *Chalov, R. S.* Rechnyye izluchiny / R. S. Chalov, A. S. Zavadskiy, A. V. Panin. – M.: Izd-vo MGU, 2004.
6. *Horton, R. E.* Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology / R. E. Horton // Geological Society of America Bulletin. – 1945. 56. – P. 275–370.
7. *Makkaveyev, N. I.* Ruslo reki i eroziya v yeyo basseyn / N. I. Makkaveyev – M. Izd-vo AN SSSR, 1955.
8. *Rossinskiy, K. I.* Nekotoryye voprosy prikladnoy teorii formirovaniya rechnykh rusel / K. I. Rossinskiy, I. A. Kuzmin // Problem regulirovaniya rechnogo stoka. – M. – L.: Izd-vo AN SSSR. – 1947. – Vyp. 1. – S. 88–130.
9. *Leopold, L. B.* River channel patterns – braided, meandering and straight / L. B. Leopold, M. G. Wolman // US Geol. Surv. Prof. Pap. 1957. 282-B. P. 30–85.
10. *Popov, I. V.* Deformatsiya rechnykh rusel i gidrotekhnicheskoye stroitelstvo / I. V. Popov. – L.: Gidrometeoizdat, 1965.
11. *Kondratyev, N. Ye.* Osnovy gidromorfologicheskoy teorii rusloвого protsessa / N. Ye. Kondratyev, I. V. Popov, B. F. Snishchenko. – L.: Gidrometeoizdat, 1982.
12. *Chalov, R. S.* Stok nanosov i ruslovyye protsessy na bolshikh rekakh Rossii i Kitaya / R. S. Chalov, Shuguan Lyu, N. I. Alekseyevskiy. – M.: Izd-vo MGU, 2000.

13. Чалов, Р. С. Типы русловых процессов и принципы морфодинамической классификации речных русел / Р. С. Чалов // Геоморфология. 1996. № 1. С. 26–36.
14. Rosgen, D. L. A Classification of Natural Rivers / D. L. Rosgen // Catena. Elsevier Science, B.V. Amsterdam. 1994. Vol. 22: P. 169–199.
15. Williams, G. P. River meanders and channel size // Journal of Hydrology / G. P. Williams Amsterdam. Science Publishers, B.V. 1986. 88. P. 147–164.
16. Шныпаркова, Ж. В. Закономерности проявления русловых процессов на территории западно-белорусской и полесской физико-географических провинций / Ж. В. Шныпаркова // Вестник БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. – 2007. – № 1. – С. 115–120.
17. Rosgen, D. L. Watershed Assessment of River Stability and Sediment Supply (WARSSS). Wildland Hydrology. Fort Collins. CO. 2006.
18. The formation of single-channel and multiple-channel rivers on large slopes Geological Quarterly / K. Misiura [et. al] // Polish Geological Institute – National Research Institute. – Warszawa, 2016. – Vol. 60 (4). P. 981–989.
13. Chalov, R. S. Tipy ruslovykh protsessov i prntsipy morfo-dinamicheskoy klassifikatsii rechnykh rusel / R. S. Chalov // Geomorfologiya. – 1996. - № 1. – S. 26–36.
14. Rosgen, D. L. A Classification of Natural Rivers / D. L. Rosgen // Catena. Elsevier Science, B.V. Amsterdam. 1994. Vol. 22: P. 169–199.
15. Williams, G. P. River meanders and channel size // Journal of Hydrology / G. P. Williams Amsterdam. Science Publishers, B.V. 1986. 88. P. 147–164.
16. Shnyarkova, Zh. V. Zakonomernosti proyavleniya ruslovykh protsessov na territorii zapadno-beloruskoy i poleskoy fiziko-geograficheskikh provintsiy / Zh. V. Shnyarkova // Vestnik BGU. Ser. 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya. – 2007. – № 1. – S. 115–120.
17. Rosgen, D. L. Watershed Assessment of River Stability and Sediment Supply (WARSSS). Wildland Hydrology. Fort Collins. CO. 2006.
18. The formation of single-channel and multiple-channel rivers on large slopes Geological Quarterly / K. Misiura [et. al] // Polish Geological Institute – National Research Institute. – Warszawa, 2016. – Vol. 60 (4). P. 981–989.

РЕНОВИТОРИЙ