

Библиографический список

1. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н. Оценка лавинного риска в горах // Вестник Моск. ун-та. Сер.5. География. 1994. № 2. С. 57-61.
2. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н. Проблемы оценки и картографирования природного риска // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1996. № 3. С. 75-78.
3. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н. Оценка риска от лавин и селей// Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2006. № 6. С. 39-51.
4. Андреев Ю.Б., Божинский А.Н., Сидорова Т.Л. Методика картографирования вероятного ущерба от лавин и селей // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1997. № 5. С. 67-69.
5. Благовещенский В.П. Оценка лавинного риска // Материалы гляциологических исследований. Вып. 82. М.: Ин-т географии РАН, 1997. С. 165-167.
6. Северский И.В., Благовещенский В.П. Оценка лавинной опасности горной территории. Алма-Ата, 1983. 220 с.
7. Andreev Y.B., Bozhinsky A.N., Sidorova T.L. // Avalanche and mudflow risk mapping methods for road traffic and population. Internationale Symposion INTERPRAEVENT 2000.Villach Oesterreich, Tagungspublikation. Band 2. Seite 181-188.

Е.О. Канонникова

**AVALANCHE RISK EVALUATION FOR VEHICLES
AND RECREATIONAL GEOSYSTEMS BASIN R. MZYMTA (NORTH-WEST CAUCASUS)**

Mountains in the vicinity of Krasnaya Polyana intensively being developed in connection holding the Winter Olympic Games 2014 in Sochi. Avalanche activity of the lower and middle reaches of the river Mzymta described in the Krasnodar region. Methods of calculating the avalanche risk is described. The risk is calculated for the transport and area recreational Geosystems. Map of avalanche risk is made.

К е у в о р д с : avalanche; avalanche risk; transport Geosystems; recreational Geosystems.

УДК 556.537

Г.В. Лобанов, А.В. Полякова, М.А. Новикова, Б.В. Тришкин, Д.С. Кузнецов

**ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ КАК
ФАКТОРА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ (НА ПРИМЕРЕ
БАССЕЙНА ВЕРХНЕГО ДНЕПРА)**

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского,
241036, г. Брянск, ул.Бежицкая, 14; e-mail: Lobanov_grigorii@mail.ru, slavyanka56@mail.ru,
nov3517@mail.ru, pyramyd@mail.ru, geobgu@mail.ru

Рассмотрены теоретические проблемы оценки прочностных характеристик грунтов как фактора руслового процесса. Предложены подходы к моделированию устойчивости пойменно-русловых комплексов при разных сочетаниях гидрологических и геолого-геоморфологических факторов.

К л ю ч е в ы е с л о в а : пойменно-русловые комплексы; устойчивость русел; горизонтальные деформации русла; сопротивление грунтов размыву; подповерхностная георадиолокация.

Прочностные характеристики грунтов рассматривают в теории руслового процесса как фактор, влияющий на скорость и направление горизонтальных деформаций русла. Теоретически обоснована обратная зависимость интенсивности деформаций от устойчивости грунтов берегового уступа, но реальная динамика русел имеет менее определённый характер. Скорость деформаций на отрезках те-

чения, подобных по наиболее общим гидрологическим и геолого-геоморфологическим характеристикам среднемноголетнему расходу воды и типу руслоформирующих грунтов, может различаться в несколько раз [12]. Такие особенности динамики установлены для рек разных порядков краткосрочными наблюдениями на реперных участках и анализом многолетних изменений русла по разновременным картографическим материалам. Противоречия реальной и расчётной динамики определяются сложностью физического и математического описания руслового процесса. Предполагается, что особенности динамики зависят от энергетических характеристик потока, современной конфигурации русла и прочности грунтов береговых уступов не только на локальном участке, но и смежных отрезках течения [16]. Разнообразие сочетаний факторов создаёт неопределённость оценки влияния каждого на интенсивность деформаций и обосновывает актуальность построения вероятностных моделей динамики русла. Значимость фактора в этом случае определяется соотношением частот деформаций русла разной интенсивности в границах относительно однородных участков.

В данной работе рассматриваются подходы к оценке прочностных характеристик грунтов пойменно-русловых комплексов как фактора их динамики. Совокупность прочностных характеристик грунтов, значимых для руслового процесса, предложено обозначать как «устойчивость в отношении размыва».

В моделях руслового процесса используется прямой и косвенный способы выражения сопротивления грунтов размыву. Прямой способ описывает сопротивление грунтов размыву показателями в размерности силы, которые определяются непосредственно или рассчитываются по измеренным характеристикам. В моделях руслового процесса показатели используются для описания относительной устойчивости русла безразмерными критериями [2]. Значения критериев характеризуют относительную устойчивость русла в некотором диапазоне условий, поскольку модели физически обоснованы только размерностью элементов и не отражают сложной природы взаимодействия сил при размыве берегового уступа. Инструментальные измерения характеристик выполняются полевыми (размывающей струи, пенетрации) и лабораторными методами. Полевые методы отличаются меньшей точностью, но позволяют определить сопротивление размыву *in-situ* с учётом взаимного пространственного расположения литологических элементов в береговом уступе, присутствия, состава и формы включений. Лабораторные методы используются в моделях устойчивости русла, элементами которых являются угол внутреннего трения и сцепление – характеристики, которые используются для расчёта сопротивления грунта сдвигу. Показатель сопротивления сдвигу – необходимый элемент моделей устойчивости склонов в отношении оползневых деформаций, но его использование для описания воздействия потока на береговой уступ не имеет физического обоснования.

Косвенный способ описывает устойчивость к размыву через значимые для руслового процесса характеристики грунтов, не имеющие размерности силы. Широкое распространение среди показателей этой группы получили диаметр частиц руслоформирующих грунтов и критическая скорость размыва, при которой возможен отрыв частиц грунта [10]. Связь значений косвенных показателей с реальной устойчивостью берегового уступа, аналогично ранее рассмотренным характеристикам в размерности силы, является значимой в некотором диапазоне условий.

Сложность физического описания взаимодействия сил, препятствующих и способствующих размыву берегового уступа, допускает использование в моделях руслового процесса прочностных характеристик разной физической природы. Основным критерием выбора показателя представляется его значимость в описании руслового процесса в данных условиях. Актуальными проблемами использования сопротивления грунтов размыву в моделировании руслового процесса являются:

- обоснование показателей, чувствительных к разнице устойчивости к размыву для разных масштабных уровней моделирования;
- создание методов с небольшим выборочным усилием для измерения или расчёта величины устойчивости с необходимой точностью.

Хорошо разработаны модели русловых процессов для крайних масштабных уровней – крупных речных систем и локальных фронтов размыва, что можно полагать частным случаем общей методологической проблемы исследования геосистем регионального уровня. Модели для наиболее мелкого масштабного уровня, отражающие принципиальные связи факторов, не обеспечивают необходимую точность прогнозирования динамики локальных объектов, в то же время варианты, разработанные для локальных участков, имеют ограниченную область применения.

На уровне типов речных русел, бассейнов крупных рек достаточно чувствительной характеристикой устойчивости грунтов полагают средний диаметр частиц руслоформирующих грунтов. При рав-

ной энергии потока вероятность отрыва и переноса частицы грунта обратно связана с её размером. Зависимость наиболее проявлена для несвязных грунтов, которые, как правило, составляют русловую фацию аллювия. В определении устойчивости крупных русловых форм – серий излучин, макроизлучин, морфодинамически однородных отрезков течения показатель малоприменим по причине относительной литологической однородности строения пойменно-русловых комплексов (ПРК) и большей значимости иных характеристик грунта.

На уровне отрезков русла небольшой длины – фронтов размыва излучин, прямолинейных или разветвлённых участков длиной в несколько сотен метров высокую значимость как факторы устойчивости приобретают физико-механические характеристики грунта (плотность, влажность), сцепление и угол внутреннего трения, концентрация и форма нахождения цементирующего агента, объёмное или массовое содержание корней растений, армирующих береговой уступ. В динамике разных ПРК характеристики грунтов имеют неодинаковую значимость, что определяет использование эмпирических или имитационных моделей для обеспечения необходимой надёжности прогнозов. Построение таких моделей предполагает большие усилия по сбору информации, область их применения – мониторинг состояния хозяйственных объектов на этапах их обоснования или эксплуатации.

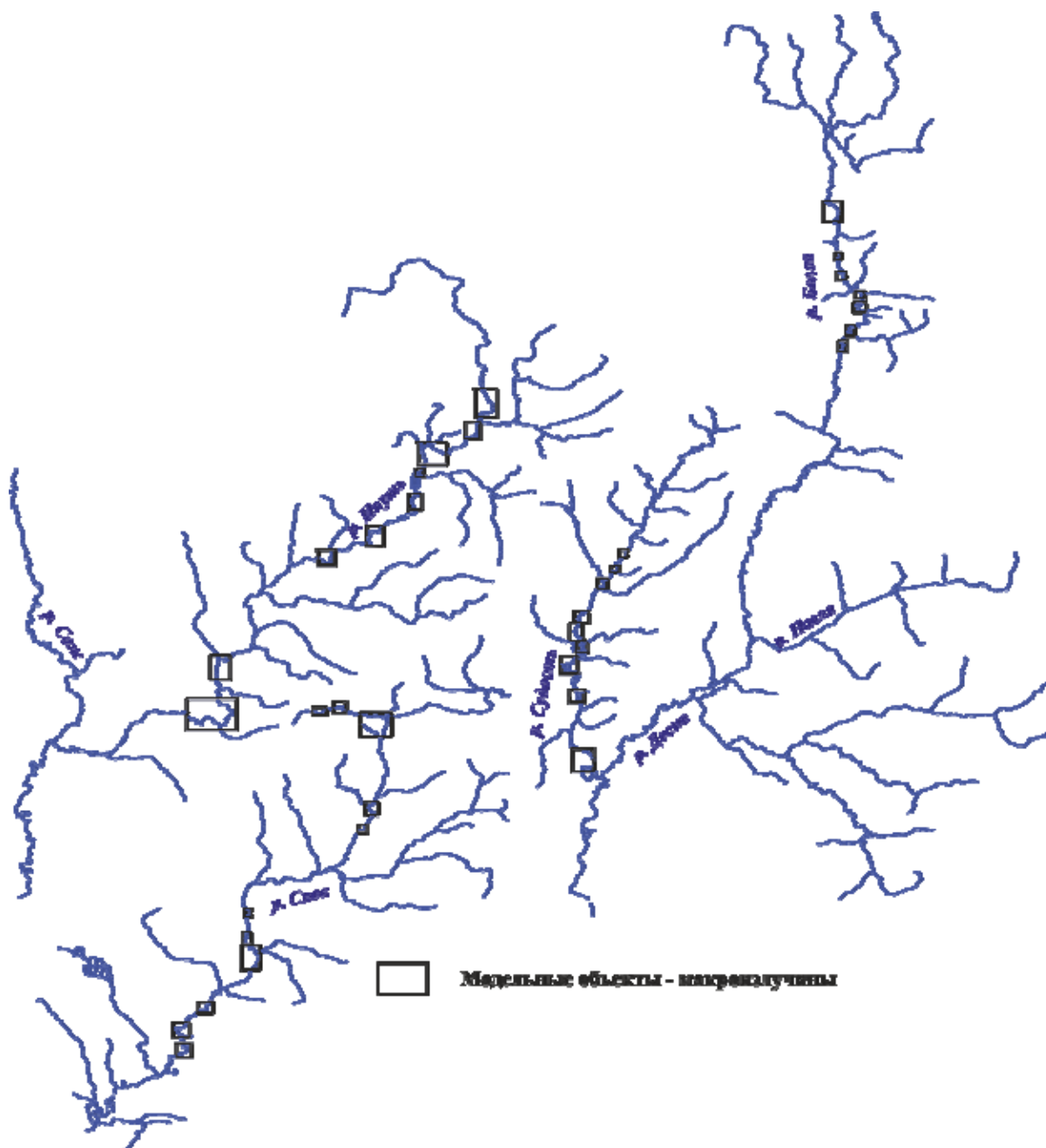
Наименее разработанным в моделировании русловых процессов остаётся уровень крупных русловых форм, длина которых может достигать первых десятков километров. Перспективным для прогнозирования их динамики полагается использование относительно просто измеряемых интегральных показателей устойчивости к размыву. В рамках обозначенной проблемы рассматривается решение следующих задач:

- обоснование положения ключевых участков полевых исследований;
- выбор метода определения интегрального показателя устойчивости;
- оценка возможностей дистанционного измерения прочностных характеристик;
- оценка влияния сопротивления размыву как фактора устойчивости русла.

Территория исследования охватывает левобережную часть бассейна верхнего Днепра. Модельными объектами определены притоки Десны (Болва, Судость, Снов) и Сожа (Ипуть). Реки относятся к широкопойменному типу со свободными условиями развития горизонтальных деформаций. Преобладают меандрирующие отрезки русла, чередующиеся с короткими прямолинейными участками и фрагментами русла разветвлённого на рукава. Подобие морфологии и морфодинамики русел связано с относительно однородными условиями развития горизонтальных деформаций на аллювиально-зандровых равнинах, занимающих большую часть территории. Соотношение типов русел неодинаково в разных геоморфологических районах (см. рисунок).

Бассейн Болвы расположен большей частью в пределах Приболвинского геоморфологического округа. Здесь преобладают возвышенные плоские и пологоволнистые равнины с неглубоким залеганием мела и мергелей верхнемелового возраста. Русло Болвы меандрирующее, на отдельных участках прямолинейное. Долина Судости пересекает сравнительно неоднородный в геолого-геоморфологическом отношении правобережный Деснинский геоморфологический округ по границе между возвышенными полого-волнистыми равнинами (правобережье), сложенными лессовидными суглинками и водно-ледниковыми и моренными зандровыми равнинами (левобережье). Преобладает меандрирующий тип русла. Долины рек Снов и Ипуть принадлежат Ипутьскому геоморфологическому округу, характерной особенностью рельефа которого является чередование в разной степени выровненных моренных-водно-ледниковых и водно-ледниковых равнин, относительная высота которых существенно изменяется. На пониженных участках формируются протяжённые (до 33 км) участки русла, разделённого на рукава [7].

Главным принципом распределения ключевых участков в пространстве принято их соответствие разным типам динамики русла. Разнообразие типов излучин, их сочетаний в пространстве обосновывает целесообразность анализа русловых форм более высокого порядка. Изменение в пространстве и времени отдельных изгибов русла во многих случаях труднообъяснимо, поскольку зависит не только от локального соотношения факторов, способствующих и препятствующих размыву берегового уступа, но и особенностей руслового процесса выше и ниже по течению. Известны успешные попытки оценить взаимное влияние отдельных отрезков течения, но полученные закономерности не имеют надёжного подтверждения для создания моделей теоретического уровня пригодных для разных рек [16]. Ключевые участки предлагается выделять в пределах макроизлучин – сравнительно крупных изгибов русла с шагом от 2 до 7,5 км, осложнённых формами меньшего порядка – излучинами, разделяющими их прямолинейными или разветвлёнными на рукава отрезками.



Расположение ключевых объектов в бассейне верхнего Днепра

Выбор макроизлучин в качестве модельных объектов обоснован следующими причинами. Во-первых, эти русловые формы хорошо распознаются на геоизображениях разных типов и времени создания, во-вторых, они сравнительно устойчивы в пространстве в связи с особенностями происхождения, в третьих, их конфигурация является фактором развития русловых форм меньшего порядка. Расположение модельных объектов в пространстве представлено на рисунке.

Особенности динамики макроизлучин определены сравнением их конфигурации на геоизображениях за три периода времени: середина XIX в. – 30-е гг., XX в. – 80-е гг., XX в. – первое десятилетие XXI в. (карты военно-топографического управления, топографические карты РККА, топографические карты Генштаба, многозональные космические снимки). По особенностям морфологических и морфодинамических изменений русла предложена типизация руслового процесса на макроизлучинах (табл. 1).

Таблица 1

Типы руслового процесса на макроизлучинах

Морфологические изменения	Морфодинамические изменения	
	Сохранение морфодинамического типа	Преобразование морфодинамического типа
Усложнение	Развитие сложных, сундучных излучин, увеличение количества разветвлений (фуркаций) русла, сокращение длины прямолинейных отрезков	Смена прямолинейного русла меандрирующим или разветвлённым на большей части макроизлучины
Упрощение	Увеличение количества сегментных пологих излучин, уменьшение фуркаций русла, увеличение длины прямолинейных отрезков	Смена меандрирующего или разветвлённого русла прямолинейным на большей части макроизлучины
Колебательные изменения	Преобразования без изменения соотношения морфологически подобных участков русла	Преобразования без изменения соотношения длины участков с разным морфодинамическим типом

В определении временных границ периода, используемого для анализа, обосновано ориентироваться на максимально возможную продолжительность. Подход повышает вероятность учесть типы динамики, не проявляющиеся в последние десятилетия, но возможные в связи с современными изменениями климата и руслоформирующих факторов [8]. Таковые представлены, прежде всего, преобразованиями морфодинамического типа на протяжённых отрезках течения. Из 36 ключевых объектов, определённых для бассейна верхнего Днепра, в последние десятилетия преобразования морфодинамического типа происходят только на двух, хотя сочетания факторов руслового процесса не препятствуют таким преобразованиям на других участках. Предложенная система ключевых объектов охватывает возможные варианты динамики вне зависимости от времени их проявления.

Сопротивление грунта размыву на ключевых объектах предложено определять методом пенетрации, оценивающим прочность грунта через величину усилия, необходимого для проникновения в него рабочей части прибора – металлического конуса (ручной пенетромтр Ejkelpamp). Величина усилия является комплексной функцией влияния механического состава; физико-механических характеристик (плотности, влажности, сцепления, внутреннего трения); наличия включений; пространственной неоднородности грунта. Апробацией метода на ключевых объектах подтверждено влияние на прочность механического состава и плотности [5]. Исследования выполнены для слоев мощностью более 0,25 м – рекомендованной глубине проникновения конуса пенетромтра в грунт. Для тех же объектов определены механический состав и плотность по методу Ковалева.

Особенности геологического строения пойменно-русловых комплексов допускают оценивать влияние механического состава на прочность только для двух типов грунтов песков и суглинков. Супеси, глины и торф отмечены фрагментарно и не образуют литологически однородных участков береговых уступов. Средняя прочность песчаных грунтов по 27 литологическим горизонтам составляет (с округлением в соответствии с точностью шкалы пенетромтра) 340 Н. Средняя прочность суглинистых грунтов – 410 Н (по 20 литологическим горизонтам). Результаты хорошо объясняются большей прочностью связных грунтов в связи со сцеплением их частиц.

Анализ влияния плотности на прочность грунтов выполнен по совокупности значений без разделения по типам грунта. Ряд значений плотности (от 1,15 г/см³ до 1,95 г/см³) разбит на группы двухэтапным кластерным анализом программными средствами пакета SPSS 18. Сравнение результатов анализа при разных начальных параметрах обосновало разделение ряда значений на четыре группы. Границы групп, соответствующие им средние значения прочности и соотношение литологических горизонтов разного механического состава сопоставлены в табл. 2.

Увеличение плотности, прочности и доли суглинистых и глинистых грунтов согласуется для первой, второй и четвёртой групп. Относительно высокая прочность грунтов второй группы объясняется высокой долей ожелезнённых песков. Высокая концентрация железа в рассеянной или концентрированной формах обеспечивает увеличение прочности грунтов.

Таблица 2

Плотность и прочность грунтов пойменно-русловых комплексов в бассейне верхнего Днепра

<i>Плотность диапазоны, г/см³</i>	<i>Количество вариант в группе</i>	<i>Средняя прочность пенетрацией, Н</i>	<i>Литологические горизонты*</i>
1,15-1,27	2	215	П-1, Т-1
1,27-1,57	15	370	П-10, С-15
1,57-1,75	25	340	П-12, Су-1, С-12
1,75-1,95	12	430	П-5, С-5, Г-2

* П – песок, Т – торф, Су – супесь, С – суглинок, Г – глина

Полученные результаты сопоставимы со значениями сопротивления грунтов к размыву, полученными ранее, для ПРК средней Десны по методу размывающей струи, разработанным Г.В. Бастраковым [1]. Наименьшей прочностью характеризуются супесчаные и легкосуглинистые грунты с небольшим размером частиц и относительно невысокой связностью [9].

Дистанционное зондирование грунтов ПРК выполнено подповерхностной георадиолокацией. Потенциальные возможности метода допускают определение типа и характеристик грунта по спектру распределения амплитуды-частоты прошедшего через него отражённого электромагнитного импульса [2;6]. Известны успешные результаты георадиолокационных исследований состава и структуры пойменных отложений на различных ключевых объектах [4-5, 11; 13-15]. Модель распространения электромагнитных волн в геологической среде предполагает интенсивность рассеивания энергии, зависимость от механического состава грунта и некоторых его инженерно-геологических характеристик, причём частота отражённого сигнала характеризует тип грунта, амплитуда при подобии иных факторов – глубину залегания. Существенно влияет на амплитуду сигнала влажность среды. Интенсивность рассеивания энергии и соответственно уменьшение амплитуды прямо связаны с обводненностью и косвенно с плотностью грунта. Типичные значения частоты отражённого сигнала с учётом особенностей её статистического распределения позволяют определить с некоторой вероятностью тип грунта и, следовательно, выделить более и менее устойчивые литологические горизонты без дополнительных изысканий, связанных с бурением. Изыскания проведены георадаром ОКО-2 с антенным блоком АБ-400, создающим импульс частотой 400 МГц. Съёмка выполнена непрерывным методом на береговых уступах в границах ключевых объектов. Максимумы частоты отражённого сигнала выделены обработкой спектров (радарограмм) средствами специализированного пакета GeorScan 32. Некоторые параметры распределения значений максимумов по разным типам грунтов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Максимумы частоты отражённого сигнала в разных типах грунтов ПРК

<i>Тип грунта</i>	<i>Количество измерений</i>	<i>Средняя частота максимума отражённого сигнала, МГц</i>	<i>Стандартное отклонение, МГц</i>
Песок	43	347	81,0
Суглинок	19	262	22,8
Супесь	3	277,4	4,4

Полученные данные обосновывают возможность использования георадиолокации для дистанционного определения литологических границ песчаных и суглинистых грунтов, различающихся по величине сопротивления размыву.

Сопротивление грунтов размыву, выраженное методом пенетрации, рассматривается как фактор динамики русла при сопоставлении с показателем устойчивости ключевого объекта. Устойчивость выражается суммой баллов по трём шкалам: изменение морфодинамического типа, морфологии и согласованность динамики форм меньшего порядка. Алгоритм балльной оценки приведён в табл.4.

Таблица 4

Алгоритм балльной оценки устойчивости пойменно-русловых комплексов

<i>Балл</i>	<i>Изменение морфодинамического типа</i>	<i>Изменение морфологии русла</i>	<i>Согласованность изменений форм меньшего порядка или их отсутствие</i>
3	Морфодинамический тип сохраняется на всём протяжении	Конфигурация остаётся стабильной	Согласовано на обоих крыльях
2	Морфодинамический тип изменяется на некоторых отрезках макроизлучины	Конфигурация усложняется или упрощается в пределах одного из крыльев	Согласовано в пределах одного крыла
1	Морфодинамический тип изменяется на большем протяжении русла	Конфигурация усложняется или упрощается на всей макроизлучине	Рассогласовано в пределах одного крыла

Результаты сопоставления позволяют характеризовать связь сопротивления размыву и устойчивости макроизлучин как вероятностную. Подобные выводы получены ранее для русловых форм меньшего порядка в среднем течении Десны [3]. С одной стороны, корреляционная связь относительной устойчивости и прочностных характеристик для всей совокупности объектов оценивается как несущественная ($r=0,18$), что, вероятно, объясняется разнообразием сочетаний факторов руслового процесса. С другой стороны, динамику отдельных объектов течения невозможно объяснить без учёта прочности грунтов берегового уступа. Полученные результаты ограничивают использование универсальных моделей динамики ПРК даже для сравнительно небольшого по площади региона. Целесообразным для обоснования долгосрочных прогнозов представляется разработка серии моделей устойчивости пойменно-русловых комплексов на основании характерных для региона типов динамики.

Выводы

Прочностные характеристики грунтов в моделях руслового процесса косвенно отражают физическую природу сил, препятствующих размыву берегового уступа. Обоснованным подходом к выражению сопротивления грунтов размыву на уровне крупных русловых форм представляется использование комплексных показателей, учитывающих влияние механического состава, физико-механических характеристик грунта, его пространственной неоднородности. Для пойменных отложений в бассейне верхнего Днепра подтверждена и теоретически обоснована связь прочности с механическим составом и плотностью грунта. Обоснована возможность дистанционного определения литологических границ методом подповерхностной георадиолокации, определены характерные значения максимумов частот для песчаных, супесчаных и суглинистых, грунтов.

Влияние грунтов на устойчивость пойменно-русловых комплексов оценивается по ключевым объектам, представляющим возможные типы динамики русла в долгосрочный период. Преимуществами в оценке динамики обладают крупные русловые формы, изменение конфигурации которых отражает общую направленность руслового процесса в отличие от асинхронных и разнообразных преобразований форм малых порядков. Предложена схема балльной оценки устойчивости пойменно-русловых комплексов через интенсивность и согласованность их морфологических и морфодинамических изменений. Определен вероятностный характер связи устойчивости русла и прочностных характеристик грунтов пойменно-русловых комплексов. Для регионального уровня прогнозов руслового процесса преимуществом обладает серия моделей в сравнении с единым универсальным вариантом

Библиографический список

1. *Бастраков Г.В.* Эрозионная устойчивость рельефа и противоэрозионная защита земель. Брянск: Изд-во БГПИ, 1994. 260 с.
2. Вопросы подповерхностной радиолокации: коллективная монография / под ред. А. Ю. Гринёва. М.: Радиотехника, 2005. 416 с.

3. Лобанов Г.В. Вероятностный подход к оценке устойчивости рельефа (на примере горизонтальных русловых деформаций в среднем течении р. Десна) // Материалы VIII семинара молодых ученых вузов, объединяемых советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. М., 2011. С.171-175.

4. Лобанов, Г.В., Бастраков Г.В., Полякова А.В., Тришкин Б.В. Перспективы георадиолокационных исследований пойменно-русловых комплексов (на примере бассейна Верхнего Днепра) // Вестник Брянского государственного университета. Брянск: Изд-во БГУ, 2011 С. 191-195.

5. Лобанов, Г.В., Бастраков Г.В., Полякова А.В., Новикова М.А. Исследование прочностных свойств пойменных отложений методом пенетрации // Материалы второй международной конференции «Географические проблемы сбалансированного развития староосвоенных регионов». Брянск: Изд-во «Курсив», 2010.

6. Методические рекомендации по обследованию водоемов и болот с использованием георадара «ОКО-2», ООО «Логические системы». Брянск, 2007.

7. Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный федеральный округ. Брянская область / под ред. Н.Г. Рыбальского, Е.Д. Самотесова, А.Г. Митюкова. М.: НИИ-Природа, 2007.

8. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления XXI века. М.: МАКС Пресс, 2008. 292 с.

9. Смирнова, Е.А., Лобанов Г.В., Бастраков Г.В. Влияние прочностных характеристик грунтов на интенсивность русловых деформаций в среднем течении р. Десны // Геоморфология. 2009. №2. С. 75-84.

10. Чалов П.С. Русловедение: теория, география, практика. Т.1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: ЛКИ, 2008. 608с.

11. Galley R. J., Trachtenberg M. et al. Observations of geophysical and dielectric properties and ground penetrating radar signatures for discrimination of snow, sea ice and freshwater ice thickness // Cold Regions Science and Technology. 2009. Vol. 57(1). P. 29-38.

12. Hooke J.M. Spatial variability, mechanisms and propagation of change in an active meandering river // Geomorphology. 2007. Vol.84. P. 277-296.

13. Leclerc R. F. and Hickin E. J. The internal structure of scrolled floodplain deposits based on ground-penetrating radar, North Thompson River, British Columbia // Geomorphology. 1997. Vol. 21(1). P. 17-25; 29-38.

14. Slowik M. Changes of river bed pattern and traces of anthropogenic intervention: The example of using GPR method (the Obra River, western Poland) // Applied Geography. 2011. Vol. 31(2). P. 784-799.

15. Vandenberghe J. van Overmeeren R. A. Ground penetrating radar images of selected fluvial deposits in the Netherlands // Sedimentary Geology. 1999. Vol. 128(3-4). P. 245-270.

16. Verhaar P.M., Biron P. M., Ferguson R.I., Hoey T.B. A modified morphodynamic model for investigating the response of rivers to short-term climate change // Geomorphology. 2008. V.101 P. 674-682.

G.V. Lobanov, A.V. Polyakova, M.A. Novikova, B.V. Trishkin, D.S. Kuznetsov

APPROACHES TO THE RESEARCH OF THE GROUND STRENGTH CHARACTERISTICS AS A FACTOR OF THE FLOODPLAIN-CHANNEL COMPLEXES STABILITY (ON THE EXAMPLE OF THE UPPER DNIEPER BASIN)

Theoretical problems of the ground strength characteristics evaluation as a factor of the channel process are reviewed. Approaches to floodplain-channel complexes stability modeling in various combinations of hydrological and geological-geomorphological factors are proposed.

Key words: floodplain-channel complexes; the river channels stability; horizontal deformation of the channel; ground resistance to river erosion; ground-penetration radar method.