

нительных перекатах, позволяющих осуществлять транспорт наносов вниз по течению в плесовые лоцины.

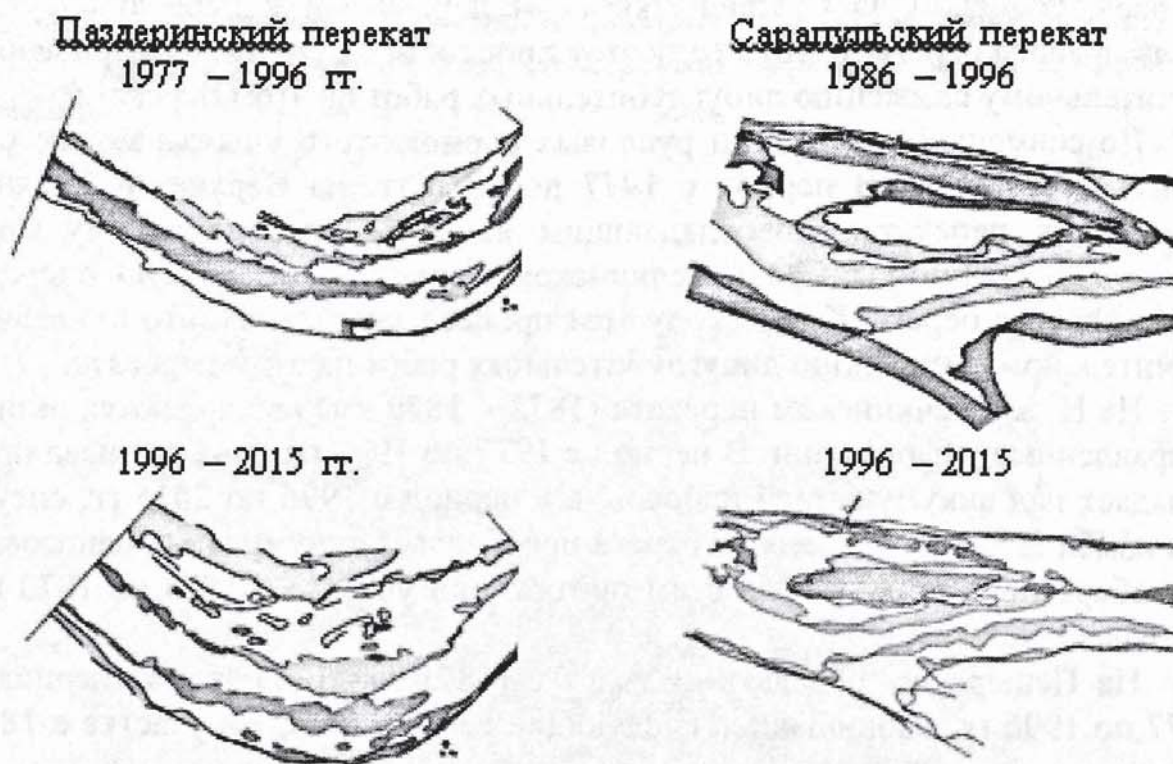


Рис. 3. Совмещенные планы перекатных участков в нижнем бьефе Чайковского шлюза

**Р.А. Медведева, аспирант**  
*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

### **ДИНАМИКА ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ МЕША<sup>1</sup>** *(научный руководитель – д.г.н. О.П. Ермолаев)*

Овражная эрозия является одним из наиболее активных современных экзогенных процессов. При интенсивном оврагообразовании происходят изменения в функционировании ландшафтных комплексов, прежде всего, из-за изменения рельефа, а также отчуждение ценных сельскохозяйственных угодий.

Целью нашей работы являлось определение динамики овражной эрозии в бассейне реки Меша. Методом дешифрирования космических снимков были подсчитаны густота и плотность овражной сети в пределах исследуемых элементарных бассейнов.

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №15-17-20006)

Метод дешифрирования широко стал применяться в географических исследованиях с 1960-х годов. Среднемасштабные и крупномасштабные аэрофотоснимки использовались для количественной оценки овражной сети [Овражная эрозия востока Русской равнины, 1990]. Сопоставлением снимков различных лет выпуска, их сравнением с материалами полевых исследований получали выводы о динамике изучаемого процесса.

В настоящее время, благодаря появлению после 2000-х годов в открытом доступе космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения открылись новые возможности для быстрой оценки овражной эрозии [Ермолаев и др., 2016; *Desprats et al.*, 2013; *McInnes et al.*, 2011]. Охват картографирования увеличился, появилось больше возможностей для обработки информации в различных ГИС, при этом затрачивая значительно меньше времени.

### **Характеристика района исследования**

Бассейн реки Меша расположен в Западном Предкамье Республики Татарстан на востоке Восточно-Европейской равнины. По направлению течения главной реки Меша ее бассейн простирается с северо-востока на юго-запад на 120 км. Длина бассейна, определяемая от устья Мешы до ближайшей к истоку точки на водоразделе, составляет 111 км, максимальная ширина – 48 км. Площадь водосбора равна 4,4 тыс. км<sup>2</sup> [Водные объекты Республики Татарстан, 2006].

Климат района умеренно-континентальный с относительно влажным и прохладным летом и умеренно холодной, снежной зимой. Суммарное количество осадков с 1955 по 2003 гг. возрастало со скоростью 16 мм за 10 лет. Суровость зимы уменьшалась [Переведенцев, 2013]. Средняя глубина промерзания грунта 111 см. Запасы воды в снежном покрове от 125 до 150 мм.

Гидрографическую сеть бассейна составляют главная река Меша (правый приток Камского залива Куйбышевского водохранилища) и ее притоки. Длина реки 186,4 км. Меша принимает 45 притоков, наиболее крупные из которых реки Казкаш, Малая Меша, Нырса, Нурма, Сулица. Среднегодовой расход реки Меша в период с 1960 по 2013 гг. колеблется с минимального значения 3,27 м<sup>3</sup>/с (1997 г.) до максимального 28,48 м<sup>3</sup>/с (1990 г.). Хорошо выраженных периодов повышенной или пониженной водности за период наблюдений не отмечается, однако годовой сток реки имеет тенденцию к понижению. Также наблюдается уменьшение максимальных значений стока и увеличение минимальных.

Рельеф территории представлен холмистой равниной, разделенной речными долинами на широкие пологие гряды, которые в свою очередь расчленяются балками и мелкими долинами небольших рек на более мелкие гряды и пологие холмы. Водоразделы плоские, ровные, возвышающиеся на 180-207 м над уровнем моря в верхней части бассейна и 160–190 м –

в средней и нижней частях, где также много низменных участков (около 18%).

Геологическую основу рельефа создают породы пермского возраста. Это типичны красноцветные глинистые породы татарского возраста. Данные породы широко распространены в районе (занимают 98,3% территории) и активно участвуют в почвообразовательном процессе, в особенности в пределах водораздельных пространств. Отложения казанского яруса имеют ограниченное распространение и состоят из доломитов и известняков светло-серого цвета, реже – глины, песчаники и мергели сероватой и серовато-бурой окраски. Породы казанского яруса обнажаются лишь на склонах долин и оврагов. В пределах речных долин залегают аллювиальные песчано-суглинистые отложения, а в оврагах пролювиальные песчано-суглинистого состава. Поймы рек и низкие террасы сложены преимущественно отложениями аллювиального генезиса: песками и глинами с прослоями торфа.

Бассейн реки Меша относится к хорошо освоенным сельскохозяйственным районам. За последние 30 лет наблюдаются сокращения пахотных угодий примерно на 10%.

#### **Методы исследования**

Использование снимков, распространяемых на бесплатной основе в цифровом виде и за разные временные интервалы позволяет определить различные показатели заовраженности: густоту овражной сети ( $\text{км}/\text{км}^2$ ), плотность оврагов ( $\text{ед}/\text{км}^2$ ), площадную и линейную динамику овражной сети. Разработанный отечественный ресурс SAS.Planet дает возможность подобрать на конкретную территорию наиболее качественные снимки за требуемые интервалы времени, оцифровать все овражные формы и создать векторизованный слой овражной сети. Этот базовый слой оврагов затем может быть обработан в любой ГИС.

Данный методический подход использовался нами для изучения овражной эрозии на территории Республики Татарстан. В качестве ключевого объекта был выбран бассейн реки Меша. Базовым методом исследования являлась визуальная идентификация овражных форм. На первом этапе проведена оценка качества отображения оврагов всех типов на космических снимках относительно аэрофотоснимков. Установлено, что для этих целей могут быть использованы многозональные космические снимки высокого и сверхвысокого разрешения: на них выявляются овраги всех типов и стадий развития, особенно при максимальном увеличении изображения. Для получения данных о современной заовраженности территории использовались космические снимки 2009-2015 гг. Также была сформирована система дешифровочных признаков, используемых при определении овражных форм по космоснимкам. В частности, овраг должен иметь четкую границу бровки и линию тальвега, характерную плановую форму с резкими, геометрически хорошо выраженными границами, контрастный

фототон на разных бортах оврага, наличие более светлых участков на склонах оврага, соответствующих обнаженным участкам и пр. При дешифрировании выделялись овраги разных типов: а) склоновые; б) донные; в) береговые.

Для удобства картографирования вся исследуемая территория была разделена на так называемые элементарные бассейны (по водотокам первого порядка). Для каждого элементарного бассейна высчитывалась суммарная протяженность овражной сети, густота овражной сети и плотность оврагов. Для исключения ошибок результатов дешифрирования планируется полевая верификация оврагов на изученной территории. Для исследуемого ключевого бассейна будут выбраны наиболее неоднозначные участки, либо участки с недостаточно хорошим разрешением снимков, которые требуют проверки. Результаты полевой верификации будут применены для корректировки векторизованного слоя овражной сети и пересчета показателей овражной эрозии.

### **Основные результаты**

Водосбор р. Меша включает 95 элементарных бассейнов, общая площадь которых 4,4 тыс. км<sup>2</sup>. В бассейне реки Меша овражная сеть в настоящее время распространена неравномерно. Об этом свидетельствует составленная карта густоты овражной сети (рис. 1). Значения густоты овражной сети по отдельным элементарным бассейнам колеблются от 0 до 0,4 км/км<sup>2</sup>, составляя в среднем 0,05 км/км<sup>2</sup>. В верховье бассейна наблюдаются наибольшие значения, снижающиеся вниз по течению Меша. Преобладающий тип оврагов – склоновый.

Изменение плотности овражной сети (ее увеличение) прослеживается в направлении с юго-запада на северо-восток по простирацию бассейна реки Меша (рис. 2). По значениям плотности в элементарных бассейнах можно выделить три части в бассейне р. Меша: а) с преобладанием элементарных бассейнов, плотность овражной сети в которых не превышает 0,05 ед/км<sup>2</sup> – нижняя (юго-западная) часть бассейна р. Меша; б) большая часть элементарных бассейнов имеет плотность от 0,05 до 0,5 ед/км<sup>2</sup> – средняя (центральная) часть бассейна р. Меша; в) большое количество элементарных бассейнов с плотностью овражной эрозии от 0,5 до 3 ед/км<sup>2</sup> – верхняя (северо-восточная) часть бассейна р. Меша.

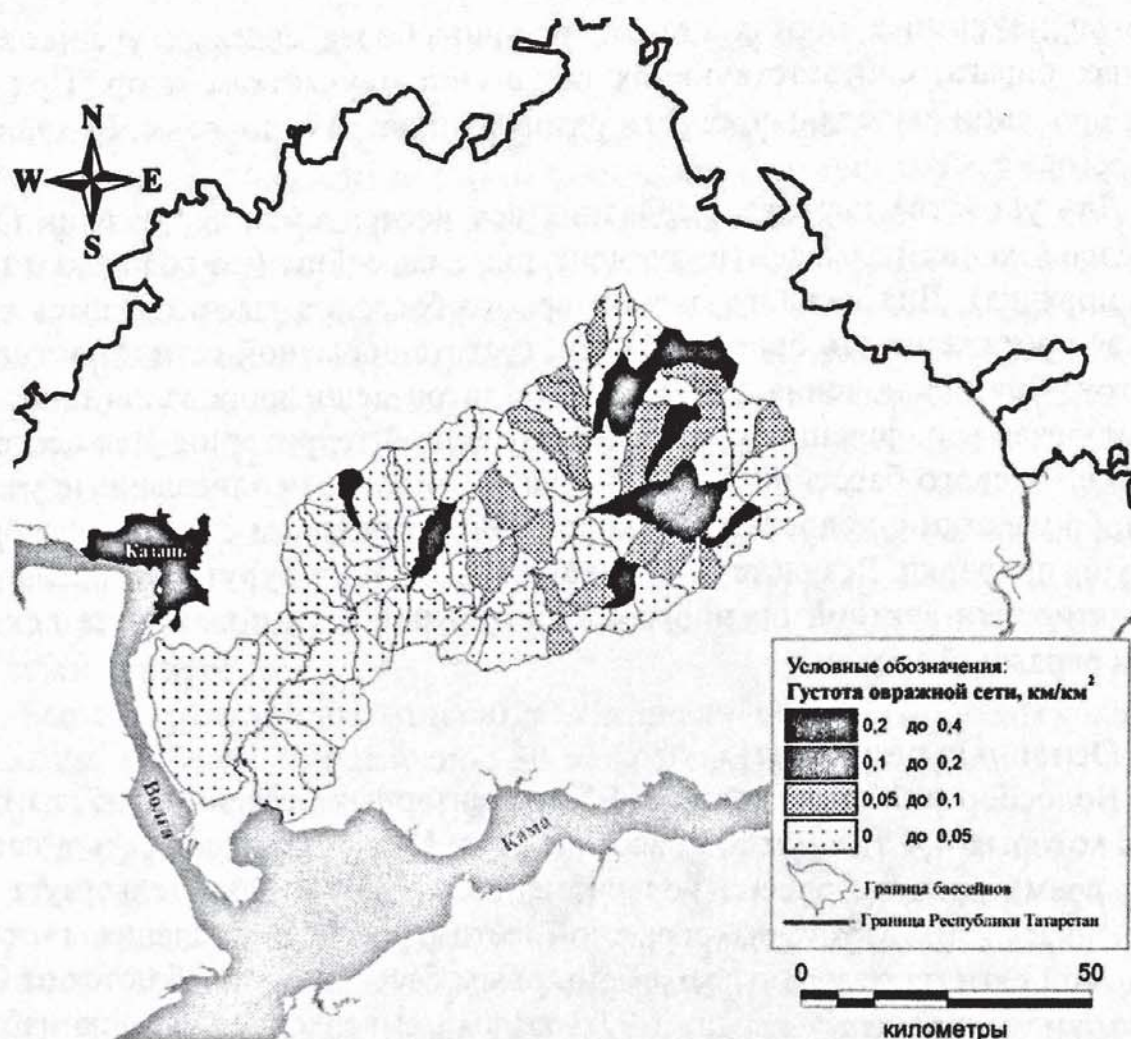
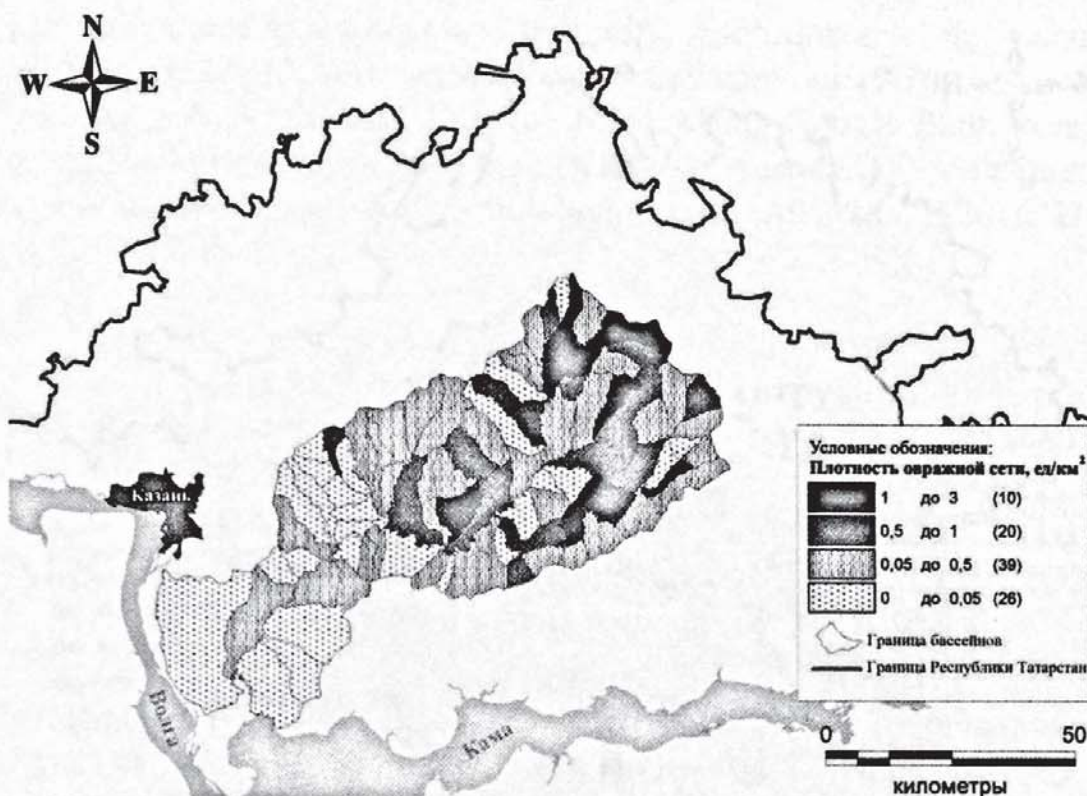


Рис. 1. Карта густоты овражной сети в бассейне реки Меша (на период 2009-2015 гг.)

Во всех трех выделенных частях бассейна в незначительном количестве представлены элементарные бассейны с показателями плотности овражной сети всех градаций. Исключение составляет юго-западная часть бассейна р.Меша, в которой плотность овражной сети не превышает 0,5 ед/км<sup>2</sup>.

Для изучения динамики на территории исследования выявленные данные сравнивались с результатами, полученными в 1985 – 1988 годах исследователями Казанского университета (В.А. Дедков, Г.П. Бутаков, О.П. Ермолаев и др.), которыми было проведено дешифрирование оврагов с помощью аэрофотоснимков 50-х годов и подсчитана густота овражной сети для элементарных бассейнов. Сравнительный анализ полученных данных за современный период и данных 50-х годов показал:



**Рис. 2.** Карта плотности овражной сети в бассейне реки Меша (на период 2009-2015 гг.)

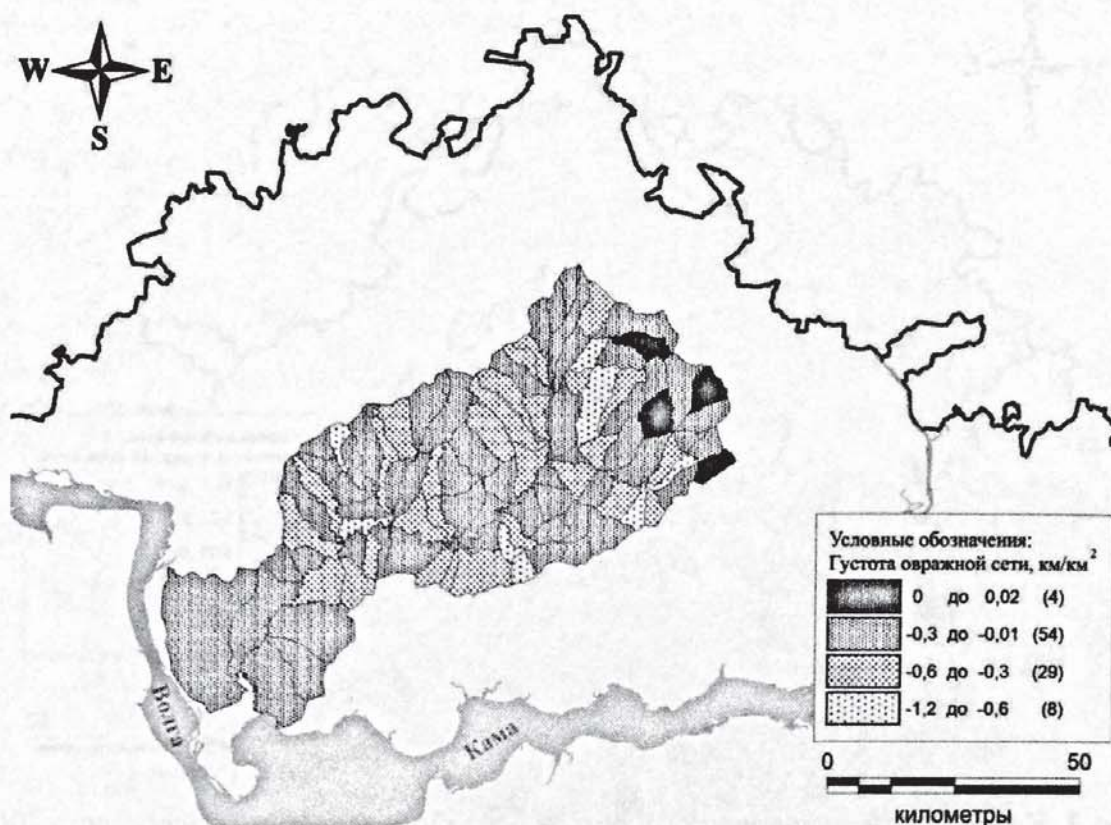
Густота овражной сети на территории бассейна реки Меша за исследуемый период уменьшилась в 6 раз.

Незначительный положительный прирост отмечен только в трех элементарных бассейнах и в одном элементарном бассейне значение густоты овражной сети не изменилось.

По полученным данным была составлена карта изменения густоты овражной сети за 50 лет в бассейне реки Меша (рис. 3). В результате анализа карты изменения густоты овражной сети было определено: а) наименьшее количество тех элементарных бассейнов, в которых прирост густоты оврагов не более  $0,02 \text{ км/км}^2$ ; б) наиболее часто встречаемые значения сокращения густоты оврагов в элементарных бассейнах лежат в пределе от  $0,3$  до  $0,01 \text{ км/км}^2$ .

### Выводы

На фоне общего затухания овражной эрозии можно отметить, что локально наблюдается ее незначительная положительная динамика. Несовпадение выделенных районов в пределах бассейна р.Меша по плотности и густоте овражной эрозии можно объяснить незначительной длиной современных оврагов. Об усилении овражной эрозии в отдельных элементарных бассейнах может свидетельствовать значительное количество донных и береговых оврагов.



**Рис. 3.** Изменение густоты овражной сети за 50 лет (с 1950-х по 2000-е гг.) в бассейне реки Меша

Факт снижения овражной эрозии на исследуемой территории очевиден. Следующим не менее важным вопросом является то, какие факторы привели к данным последствиям. Пока можно только предположить, что основными причинами стали снижение талого стока и уменьшение площади пахотных угодий.

## ЛИТЕРАТУРА

Водные объекты Республики Татарстан. Гидрографический справочник. Казань: издательство ОАО «ПИК «Идель-пресс», 2006. 504 с.

Ермолаев О.П., Рысин И.И., Голосов В.Н. Картографирование овражной эрозии в регионе востока Русской равнины // Геоморфология. 2016; 28 с. (в печати)

Овражная эрозия востока Русской равнины / [А. П. Дедков, В. И. Мозжерин, Ф. Ф. Бойко и др.; Науч. ред. А. П. Дедков], 140, [1] с. ил. 20 см, Казань Изд-во Казан. ун-та 1990

Переведенцев Ю.П. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа / Ю.П. Переведенцев, В.В. Соколов, Э.П. Наумов [и др.]; науч. Ред. М.А. Верещагин. Казань: Казан. ун-т, 2013. 274 с.

Desprats, J.F., Raclot, D., Rousseau, M., Cerdan, O., Garcin, M., Le Bissonnais, Y., Ben Slimane, A., Fouche, J. and Monfort-Climent, D. Mapping line-

ar erosion features using high and very high resolution satellite imagery Land Degrad., 2013, 22–32. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ldr.1094/>

McInnes J., Vigiak, O., Roberts, A. M. Using Google Earth to map gully extent in the West Gippsland region (Victoria, Australia) // 19th International Congress on Modelling and Simulation, Perth, Australia, 12–16 December 2011, 3370-3376.

**Н.М. Михайлова, научный сотрудник**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*

## **РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПЕРЕКАТОВ НА КРУПНЫХ РЕКАХ СО СЛАБОУСТОЙЧИВЫМ РУСЛОМ<sup>1</sup>**

*Научный руководитель – профессор Р.С. Чалов*

Перекаты на реках со слабоустойчивым руслом формируются при всех его морфодинамических типах: в разветвлениях, на излучинах и относительно прямолинейных участках. Наибольшее количество перекатов формируется в разветвленном русле.

По условиям формирования выделяется несколько типов перекатов. В разветвленном русле они приурочены к узлам разделения потока на рукава, слиянию рукавов или находятся в самих рукавах. В первых двух случаях основной поток может сохранять свое положение вдоль ведущего берега, либо переваливать от одного берега к другому, и тогда перекаты могут располагаться как на отрыве потока от ведущего берега, так и на подходе к нему [Михайлова, 2015]. В рукавах разветвлений может формироваться два типа перекатов: при наличии вторичных разветвлений и при их отсутствии. В большинстве случаев перекаты в рукавах располагаются в шахматном порядке. В извилистом русле перекаты располагаются в верхних, нижних крыльях излучин, реже – в вершинах излучин. На относительно прямолинейных участках русла образуются перекаты такие же, как в рукавах разветвлений и, как правило, характеризуются шахматным порядком побочней; их количество зависит от протяженности морфологически однородного участка русла. Таким образом, на участках слабоустойчивого русла может формироваться девять типов перекатов, при этом каждый тип отличается по своему строению: перекаат может быть образован одной или несколькими грядами, на перекаате может формироваться осередок, перекаат может иметь форму косы или представлять собой «перекаат-россыпь» [Чалов, 2011]).

Каждому типу перекатов свойственен определенный режим многолетних переформирований и их периодичность. Многолетний режим пере-

<sup>1</sup> Выполнено при поддержке РФФИ (проект 15-05 -03752)