

История науки

УДК 551.4(091)

© 2019 г. Р.С. ЧАЛОВ*, К.М. БЕРКОВИЧ**, Г.А. ЛАРИОНОВ***, Л.Ф. ЛИТВИН****

**УЧЕНИЕ ОБ ЭРОЗИОННО-РУСЛОВЫХ СИСТЕМАХ
И ИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ: ТЕОРИЯ, ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ,
ПРАКТИКА**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
географический факультет, Москва, Россия*

**E-mail: rschalov@mail.ru, **E-mail: berkovich@yandex.ru,
E-mail: larionov425@mail.ru, *E-mail: leo-lit@yandex.ru*

Поступила в редакцию 25.09.2018

После доработки 26.10.2018

Принята к печати 18.12.2018

Статья посвящена 50-летию организации в Московском университете научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева. Рассматривается история становления научной школы, созданной Н.И. Маккавеевым, учения о едином эрозионно-аккумулятивном процессе и его эволюция в теорию эрозионно-русловых систем. Дается анализ фундаментальных исследований, выполненных в лаборатории, и характеристика прикладных задач в области эрозии почв, овражной эрозии, русловых и устьевых процессов. Формулируются основные направления исследований, оцениваются перспективы их развития.

Ключевые слова: лаборатория, эрозионно-русловые системы, эрозия почв, овражная эрозия, русловые процессы, устья рек, экология, опасность.

<https://doi.org/10.31857/S0435-42812019295-108>

**STUDY OF EROSION-CHANNEL SYSTEMS AND ITS COMPONENTS:
THEORY, HISTORE, AND PRACTICE****R.S. CHALOV*, K.M. BERKOVICH**, G.A. LARIONOV***, L.F. LITVIN******

Lomonosov Moscow State University, Faculty of geography, Moscow, Russia

**E-mail: rschalov@mail.ru, **E-mail: berkovich@yandex.ru,
E-mail: larionov425@mail.ru, *E-mail: leo-lit@yandex.ru*

Received 25.09.2018

Revised 26.10.2018

Accepted 18.12.2018

S u m m a r y

The article is dedicated to the 50th anniversary since the N.I. Makkaveev's Scientific Research Laboratory for soil erosion and channel processes was organized at the Moscow University. The history of scientific

school, created by N. I. Makkaveev, establishment is considered, as well as the discipline on integral erosion-depositional process and its evolution to the theory of catchment erosion-fluvial systems. The analysis of the fundamental researches performed by the Laboratory is submitted, and the application tasks in the area of soil erosion, gully erosion, channel and estuarine processes are outlined. Main directions of research are formulated, the prospects for their development are evaluated.

Keywords: Laboratory, catchment erosion-fluvial systems, soil erosion, gully erosion, channel processes, river estuaries, ecology, hazards.

Введение

Запросы практики нередко являются начальным импульсом для формирования новых отраслей знаний, развития фундаментальных исследований и последующих, в обратной связи, решений прикладных задач, но уже на новом, более высоком научном уровне. Именно так возникли и интенсивно развиваются эрозио- и русловедение. Они зародились во второй половине XIX в., первая — в связи с усилением эрозии почв на сельскохозяйственных землях, снижением их продуктивности (плодородия) и необходимостью разработки научно-обоснованных мер борьбы с ней, вторая — как следствие бурного развития водного транспорта на реках, потребовавшего регулирования их русел для обеспечения судоходных глубин, повышения надежности и безопасности водных путей. Эти направления, связанные с изучением работы водных потоков на земной поверхности, возникли в рамках агрономических и гидротехнических наук и существовали независимо друг от друга до середины XX в. Однако уже тогда и особенно в послевоенный период все большее внимание стали обращать на природную и природно-антропогенную предопределенность процессов и взаимосвязь между ними. В конце 1930—1940 гг. Н. И. Маккавеев указывал на географическую сущность эрозионных и русловых процессов, на существующую между ними связь и необходимость учета природных условий и естественных закономерностей их развития при решении практических задач. В конечном счете такой подход привел его к созданию нового научного направления, развивающегося на стыке гидрологии, геоморфологии и почвоведения, а при решении практических задач — также агро- и гидротехники, но на широкой географической основе — учение об эрозионно-аккумулятивных (флювиальных) процессах.

В 1953 г. Н. И. Маккавеев защитил докторскую диссертацию “Эрозионно-аккумулятивный процесс и рельеф русла реки”, а в 1955 г. опубликовал книгу “Русло реки и эрозия в ее бассейне” [1], явившуюся методологической основой этого нового научного направления в географии. В нем впервые деятельность всех водных потоков (от склоновых временных нерусловых до крупнейших рек, включая их устья) рассматривается с позиций общих физических законов, их взаимодействия с подстилающей поверхностью, в их взаимосвязи и взаимозависимости, на фоне географического ландшафта и его изменений во времени. Это в конечном счете привело к созданию теории эрозионно-русловых систем, что тем не менее не исключило в рамках единого учения бурное развитие эрозио- и русловедения.

После защиты диссертации Н. И. Маккавеев по приглашению тогдашнего декана профессора К. К. Маркова стал работать на Географическом факультете МГУ, где он последовательно организывает лабораторию экспериментальной геоморфологии (1954), экспедицию по изучению русловых процессов на судоходных реках (1957), стационарные наблюдения за динамикой склоновых и русловых процессов в долине горных рек (1963), исследование механизмов формирования аллювиальных россыпей (1963), экспедиции по изучению эрозии почв (1967) и русловых процессов в устьях рек (1968). С начала 1960-х гг. он методически курирует работу группы спе-

циалистов, изучающих овражную эрозию, возглавлявшуюся известным специалистом по этой проблеме Б. Ф. Косовым.

Таким образом, к концу 1960-х гг. на Географическом факультете сформировалось несколько научных групп, научное руководство которыми осуществлял Н. И. Макавеев. В 1969 г. произошло объединение этих групп в единой Проблемной лаборатории эрозии почв (так сначала называлась научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов, носящая ныне имя ее основателя Н. И. Макавеева). Создание лаборатории, как и начало почвенно-эрозионных исследований — непосредственный отклик на Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР “О неотложных мерах по защите почв от водной и ветровой эрозии” (1967). По существу, этим актом была завершена организация исследований всей цепочки эрозионно-аккумулятивных (флювиальных) процессов: эрозия почв — овражной эрозии — русловых процессов от горных рек до крупнейших равнинных рек — устьев рек и процессов дельтообразования.

Тематика НИР лаборатории и основные результаты исследований

Постановлением ГКНТ СССР “Об организации в МГУ проблемной лаборатории эрозии почв...” (10 января 1969 г.) были утверждены следующие основные направления научной работы лаборатории:

- теоретические и экспериментальные исследования механизма эрозионных и русловых процессов;
- исследования проявления эрозии и русловых процессов в различных условиях;
- обоснование новых методов борьбы против эрозии применительно к нуждам отраслей народного хозяйства;
- экономические исследования эффективности различных средств борьбы с эрозией.

Характерно, что в названии лаборатории при ее создании из всех форм эрозионно-аккумулятивных процессов была названа только эрозия почв, хотя основные направления работы, согласно постановлению ГКНТ, охватывали изучение всех видов эрозионно-аккумулятивных процессов — эрозии почв, линейной (овражной) эрозии и русловых процессов. В середине 1970-х гг. лаборатория получила (по решению Ученого Совета МГУ и приказу ректора) свое современное название — эрозии почв и русловых процессов, а в начале 1980-х гг. она была из “проблемной” преобразована в “научно-исследовательскую”.

С течением времени формулировка основных направлений исследований в связи с вновь возникающими проблемами и задачами, изменением статуса лаборатории претерпела определенные изменения, и в утвержденном Ученым советом Географического факультета Положении о лаборатории (1 апреля 1994 г.), действующем и поныне, они формулируются следующим образом:

- теоретические и экспериментальные исследования механизма эрозионно-аккумулятивных процессов в разных звеньях водных потоков;
- исследования проявлений эрозии почв, овражной эрозии, русловых и устьевых процессов в различных природно-климатических условиях;
- обоснование новых методов прогнозирования и предупреждения различных видов эрозии и регулирования речных русел применительно к нуждам народного хозяйства с учетом требований охраны окружающей среды.

Выполненные фундаментальные эрозионные и русловые исследования позволили уже к концу первого 10-летия работы лаборатории выпустить первые книги, подводящие итоги по каждому основному направлению: “Эрозия почв” М. Н. Заславского [2], “Современная овражность и потенциал оврагообразования на территории СССР” коллектива авторов (Б. Ф. Косов с соавт.) [3] и “Географические исследования русловых процессов” Р. С. Чалова [4]. Позднее, в 1980-е гг., были опубликована

ны две коллективные монографии, обобщающие изучение всего комплекса эрозионно-аккумулятивных (флювиальных) процессов: “Эрозионные процессы” [5] под редакцией Н. И. Маккавеева и Р. С. Чалова и “Работа водных потоков” [5], авторами которых стали многие сотрудники лаборатории.

Неотъемлемой составной частью научной работы лаборатории были и остаются до настоящего времени экспедиционные исследования, связанные, главным образом, с выполнением прикладных задач и выполняемые по хозяйственным и госконтрактам.

В годы расцвета экспедиционных исследований лаборатории (1970-е — начало 1990-х гг.) они проводились по эрозионной тематике на юге Европейской части России, Западной Сибири и в Нечерноземной зоне в связи с обоснованием и разработкой генеральных схем защиты почв от эрозии, в предгорных и равнинных регионах Средней Азии для обоснования методов прогнозирования и предупреждения ирригационной эрозии, на Черноморском побережье Кавказа, в Ставрополье, Волгоградской, Саратовской областях и других районах юга ЕТР. Руслловые исследования выполнялись в среднем и нижнем течении Лены, на Киренге, Витиме, Алдане, Вилюе, на верхней Оби, в низовьях Бии и Катуня, на притоках Оби — Томи и Чулыме, на Днестре в Молдавии, на Енисее в нижних бьефах Саяно-Шушенского и Красноярского гидроузлов, Вычегде, Яне, Колыме для решения задач совершенствования водных путей, Белой, Оке, Оби в связи с разработкой русловых карьеров аллювиальных стройматериалов и их экологической оценкой, на Нигере (Африка) для обоснования размещения водозаборов и водовыпусков строящегося металлургического комбината. На этих же реках в рамках хозяйственных договоров решались и другие практические задачи: для выбора мостового перехода у г. Якутска и предотвращения заносимости водозабора у пос. Мохсоголоох на р. Лене, обеспечения работы водовыпусков Котласского ЦБК на Вычегде, экологической оценки влияния Куларской ГОК на сток наносов и русловые процессы на р. Яне и р. Омлоое. Крупные комплексные эрозионные и русловые исследования были выполнены в Центральном Ямале в связи с освоением газоконденсатных месторождений и обеспечением экологической безопасности.

Экспедиционные исследования в устьевых областях были сосредоточены вплоть до 1990-х гг. в устьях северных рек — Таза и Пура, Енисея, Лены, Яны, Индигирки. Их успешному выполнению способствовало получение лабораторией в 1976 г. научно-исследовательского судна “Бегичев”, переименованного в середине 1980-х гг. в “Профессор Н. И. Маккавеев”. В настоящее время теплоход обслуживает русловые исследования на р. Лене, где они выполняются благодаря получению кратковременных, но более или менее регулярных (в пределах года, реже — полутора лет) договоров и госконтрактов. В 1980-е гг. экспедиция работала также в устье р. Терека, а затем — на нижней Волге и в ее дельте.

С середины 1990-х гг. в связи с новой социально-экономической ситуацией в стране хозяйственных и госконтракты стали кратковременными, финансирование нерегулярным и на конкурсной основе. Это, в первую очередь, сказалось на прикладных экспедиционных исследованиях эрозии почв — изменение системы землепользования привело к исчезновению заинтересованных органов в решении задач защиты почв от эрозии. Но сохранилось и даже возросло число задач, стоящих перед исследованиями русловых процессов. Благодаря им, помимо воднопутевой направленности, были проведены русловые исследования на Малой Северной Двине и в устье Сухоны, на Томи в районе г. Томска и на участке г. Междуреченск — г. Новокузнецк, на р. Лене в среднем и нижнем течении, на верхней Катуня в связи с оценкой влияния русловых процессов на формирование наводнений и обоснованием мероприятий по защите берегов от размыва и противопаводковой защите населенных пунктов, на р. Оби у г. Колпашево, в узле слияния рек Вычегды и Сысолы, в низовьях Северной Двины; на Амуре и р. Сунгаче (Приморье) они были связаны

с решением пограничных задач; на Оке, Белой, Каме, Оби — для выявления влияния карьеров на русловые процессы и гидроэкологическую обстановку, на р. Ганге (Республика Бангладеш) для обоснования размещения и предотвращения заносимости водозаборов и водовыпусков проектируемой АЭС (первые зарубежные исследования были выполнены в середине 1970-х гг. на р. Нигере для решения сходных задач, но для металлургического комбината). “Заказчиками” этих работ являлись бассейновые водные управления, проектно-изыскательские институты, речные порты и пароходства, областные администрации. Выполнение некоторых исследований на ряде объектов из-за комплексного характера задач осуществлялось вместе с другими подразделениями факультета (кафедры гидрологии суши, экономической и социальной географии России и др.).

В конце 1990-х — 2000-е гг. благодаря грантам РФФИ возникло новое направление почвенно-эрозионных исследований — выявление закономерностей перераспределения наносов в верхних звеньях гидрографической сети на основе миграции радиоактивных элементов. Грантовая поддержка позволила продолжить изучение русловых процессов низовьях и в дельте Волги, осуществить исследования на Северной Двине, Вычегде, Пинеге, Ваге и Сухоне, завершившиеся написанием монографии “Русловые процессы и водные пути на реках бассейна Северной Двины” [7], на Мезени, средней Оби, Печоре, которые стали возможны также благодаря технической поддержке Администраций бассейновых управлений внутренних водных путей и судоходства. Финансовая поддержка РФФИ позволила выполнить исследования овражной эрозии на территории больших городов — Москвы, Нижнего Новгорода, Курска, Брянска, Калуги, Смоленска.

Одной из форм организации исследований были полевые стационары по изучению эрозионных и русловых процессов. В речных долинах Западного Закавказья, в пределах Абхазии [8] они функционировали с 1963 до 1990 г. В 1970 г. были организованы стационарные наблюдения за динамикой устьев рек, впадающих в озеро Иссык-Куль (Киргизия). С 1980 г. в течение 15 лет велись стационарные исследования эрозии почв на пахотных землях, овражной эрозии в долине и русловых процессов на р. Протве в пределах полигона Боровской учебно-научной станции факультета. В 2000-е гг. организованы стационарные наблюдения за размывом берегов на реках Московской области, на р. Тарусе в Калужской области и на р. Керженце в лесном Заволжье, на реках бассейна Кудьмы и ее притока Озерки на Приволжской возвышенности.

Анализ монографических публикаций лаборатории отчетливо показывает временную эволюцию научной тематики. При относительно неизменности общей проблематики и методологии исследований основные ее направления претерпели за 50 лет определенные изменения, о чем свидетельствует сравнение их формулировок в постановлении ГКНТ 1969 г. и содержащихся в Положении о лаборатории (1994). Конкретная тематика научно-исследовательских работ лаборатории отражает как эти изменения, так и возникновение новых задач и тенденции в развитии и учения об эрозионно-аккумулятивном процессе в целом и его составных частей — эрозии- и русловедения. Такая трансформация тематики наблюдалась уже в первый период работы лаборатории, но еще в большей степени проявилась в 1990–2000-е гг., что с одной стороны, есть следствие новых социально-экономических условий в стране, а с другой, связана с появлением новейших методов и аппаратуры исследований, естественным развитием науки.

В области эрозии (эрозиоведения) последовательно сменяли друг друга разработки научных основ составления генеральных схем противоэрозионных мероприятий (1970-е гг.) [9–12], исследования ирригационной эрозии и обоснования мер по ее предотвращению (1980-е гг.) [13], создание гидрофизической модели эрозии почв (1980–1990-е гг.) [14], выявление географических закономерностей факторов и особенностей развития эрозии почв на сельскохозяйственных землях, оценка почвен-

но-эрозионного загрязнения малых рек и связанного с ним микробиального стока рек (1990-е гг.). В 1990–2000-е гг. на первый план выдвигаются задачи изучения и оценки сельскохозяйственной эрозии в новых условиях землепользования с обоснованием соответствующих практических рекомендаций, перемещения и перераспределения продуктов смыва почв и адсорбируемых или загрязняющих веществ, в том числе радионуклидов как факторов, определяющих экологическую обстановку на водосборах и малых реках (результаты этих исследований вошли в “Руководство по оценке эрозии почв и аккумуляции, используя естественные и искусственные радионуклиды”, изданное МАГАТЭ в 2002 г.), экспериментальные исследования на полевых и лабораторных установках, позволяющие выявить механизмы взаимодействия потоков и почвы при разных их состояниях, математическое моделирование процессов эрозии с учетом данных физических экспериментов. Первые были опубликованы в монографиях Л. Ф. Литвина [15] и В. Н. Голосова [16], результаты последних отражены в многочисленных статьях и соответствующем разделе монографии “Эрозионно-русловые системы” [17].

Изучение овражной эрозии началось с обоснования ее показателей (плотности, густоты оврагов) и мелкомасштабного картографирования [18]. В 1970-е гг. были выполнены экспериментальные исследования, позволившие установить стадиальность в развитии оврагов и дать оценку скорости овражной эрозии на разных стадиях. В 1980–1990-е гг. исследования сосредоточились на разработке методов оценки и прогнозирования оврагообразования [19]. Это, в свою очередь, позволило перейти от картографирования современной густоты и плотности оврагов к оценке и составлению карт потерь сельскохозяйственных земель вследствие овражной эрозии, интенсивности овражной эрозии и т. д. В 2000-е гг. акцент в изучении овражной эрозии сместился на техногенное оврагообразование на селитебных и промышленных территориях, в районах разработки месторождений нефти и газа, в городах, в том числе в г. Москве и на вновь присоединенных к ней землях [20]. Одновременно стала очевидной необходимость пространственно-временного анализа потенциала овражной эрозии и его реализации в разных природных условиях [21].

Определенная эволюция тематики произошла и в исследованиях русловых процессов. В основе их сохранилась в качестве основного направления региональная оценка проявлений русловых процессов и ее учет в решении задач управления ими. Это обуславливает продолжение крупномасштабных исследований оценки форм проявления, режима и прогнозирования русловых процессов конкретных рек на разных структурных уровнях и в разных природно-антропогенных условиях. Они сопровождалась в 1970–1980-е гг. крупными географическими обобщениями [22, 23], разработкой концепции опасности русловых процессов, методов картографирования русловых процессов при решении прикладных задач для воднотранспортного и других видов водохозяйственного освоения и использования водных и связанных с ними земельных и минеральных ресурсов. Последние — результат длительного и все расширяющегося воздействия хозяйственной деятельности на реки, сопровождающегося изменением направленности и темпов русловых деформаций. Результатом этого явилась разработка нового направления в исследованиях — анализ антропогенных трансформаций речных русел и их учет при решении практических задач [24]. Основными достижениями в этом плане явились итоги исследований русловых процессов в нижних бьефах гидроузлов и выше водохранилищ [25], при массовой разработке в реках карьеров стройматериалов [26], прокладке через реки коммуникаций и т. д.; особое место занимают исследования, связанные с прогнозированием положения россыпей полезного компонента (золота, горного хрусталя) и их коренных источников, выполнявшихся для геологических организаций [27].

1990–2000 гг. большое внимание уделялось разработке и внедрению новейших технологий и аппаратуры, в том числе применение ГИС в русловых изысканиях.

В 1980–1990-е гг. получили развитие методы оценки экологической напряженности на реках, связанные с русловыми процессами, вылившиеся в разработку методологии исследований русловых процессов как фактора возникновения опасных гидрологических явлений на реках, их учету и прогнозированию для защиты объектов хозяйственной инфраструктуры от неблагоприятного воздействия речных вод [28]. В это же время стал выполняться палеорусловой анализ как составная часть палеогидрологических исследований, позволивший установить изменения стока рек и русловых процессов на протяжении голоцена — верхнего плейстоцена, что, в свою очередь, явилось основой для разработки методов долгосрочного прогнозирования русловых процессов при изменении природной среды и климата [29]. Попутно были разработаны методы ландшафтной индикации русловых процессов [30].

Прикладная составляющая исследований русловых процессов охватила практически все отрасли экономики, связанные с использованием водных ресурсов, эксплуатацией рек, защитой объектов от размыва и т. д. Принципиально новой является оценка геополитических последствий русловых деформаций на пограничных реках. Несколько изменился подход к морфологии и динамике русел как к факторам опасных гидрологических явлений (наводнений, заторов), а также сместились акценты в традиционной области применения учения о русловых процессах, каковой являются внутренние водные пути: от обоснования проектов коренного улучшения условий судоходства к оптимизации путевых работ и приемов дноуглубления на основе изучения многолетнего и сезонного режимов перекатов [7, 31–33].

При изучении устьевых областей происходило последовательное расширение проблематики, связанное с территориальным охватом практически всех устьев крупных российских рек [34, 35], использованием геофизических методов исследований, учетом колебаний уровня моря (на примере рек, впадающих в Каспийское море). Как и в “бассейновой части” рек, все большее внимание стало уделяться влиянию глобальных изменений природной среды и климата, в том числе вследствие антропогенных воздействий на русловые процессы в устьях рек и в целом на устьевые процессы, истории развития устьевых областей [36, 37]. Были изданы Атласы русловой морфодинамики нижней Волги и дельтовых рукавов [38, 39], а также обобщающий атлас-монография по устьевым областям рек Арктической зоны России [40].

С середины 1990-х гг. начата разработка общей теории эрозионно-русловых систем, объединяющая все направления в изучении эрозионно-аккумулятивных процессов во всех звеньях водных потоков. Ей предшествовала публикация упомянутых выше книг “Эрозионные процессы” [5] и “Работа водных потоков” [6]. Это позволило с единых методологических позиций рассмотреть закономерности эрозионно-аккумулятивной деятельности всех водных потоков на земной поверхности, сформулировать общие законы, которые ими управляют: от временных склоновых, формирующихся при выпадении дождей и таянии снегов, до крупнейших рек и их устьев, разработать теорию эрозионно-русловых систем (ЭРС), дать анализ механизмов их развития на всех структурных уровнях проявления, предложить математические модели функционирования в зависимости от размеров потоков и природных условий, выявить закономерности взаимодействия различных звеньев ЭРС, специфику и общие формы перемещения, перераспределения и накопления вещества (наносов) в каждом их них. Особое внимание было уделено эволюции ЭРС при изменении природной среды и климата, под влиянием активного земле- и водопользования и его трансформации при изменении социально-экономических условий. Результаты этой работы изложены в вышедшей в 2017 г. монографии “Эрозионно-русловые системы” [17]. Одновременно продолжались исследования составных частей эрозионно-русловых систем и эрозионно-аккумулятивных процессов в разных звеньях сети водных потоков, нашедших отражение в ряде “отраслевых” монографий по эрозии почв [14–16], овражной эрозии [18–20], русло-

вым [24, 41–45] и устьевым [36, 37] процессам, что в совокупности с обобщающим трудом [17] явилось подведением итогов исследований, выполненных лабораторией за все годы ее деятельности.

Основные направления исследований на современном этапе формулируются следующим образом:

- теоретические и экспериментальные (натурные и лабораторные) исследования механизмов эрозионных, русловых и устьевых процессов, форм их проявления в различных природных условиях, палео- и исторических трансформаций и обоснование прогнозных оценок при эволюции природной среды и антропогенных нагрузок;
- разработка математических моделей эрозионно-аккумулятивных процессов на речном водосборе, методов физического и компьютерного моделирования эрозии почв, овражной эрозии и русловых процессов;
- оценка опасности эрозионных и русловых процессов, их экстремальных и катастрофических проявлений, экологического состояния эрозионно-русловых систем и условий возникновения чрезвычайных ситуаций;
- разработка научных основ и обоснование мер по защите почв от эрозии, предотвращению овражной эрозии и методов управления русловыми процессами и регулирования морских устьев рек.

В рамках этих направлений:

1. Установлены общие законы единого эрозионно-аккумулятивного процесса, разработана теория эрозионно-русловых систем, выявлены механизмы взаимосвязей функционирующих в них процессов [17].
2. Предложена гидрофизическая модель эрозии почв, описывающая процессы в широком спектре гидравлических параметров, характерных для склоновых потоков [14]. Выявлены механизмы взаимодействия потоков с почвами на основе экспериментальных исследований. Разработан комплекс методов пространственной оценки природно-хозяйственных факторов эрозии и интенсивности смыва почв на землях сельскохозяйственной зоны России в новых условиях землепользования [15].
3. Разработаны методы прогноза развития оврагов на сельскохозяйственных и урбанизированных землях на основе динамической модели оврагообразования, оценки потенциала оврагообразования и ее территориальной интерпретации [19]. Выявлены и количественно оценены географические закономерности развития оврагов в Европейской части России [21] и на урбанизированных территориях [20].
4. Разработана методика использования радиоизотопного метода для оценки интенсивности смыва почв и транспорта наносов, выявлены закономерности перераспределения наносов в системе водосбор–малая река–поймы рек [16].
5. Создана морфодинамическая классификация русел рек, обоснованы принципы типизации русловых процессов, критерии их выделения, получены гидролого-морфодинамические зависимости и принципиальные схемы деформаций русел разного типа, многолетнего и сезонного режима перестроений перекатов [44, 45].
6. Разработан картографический метод исследований русловых процессов [46], составлены впервые в мировой практике и опубликованы мелкомасштабные научно-справочные карты русловых процессов. Выявлена география и специфика антропогенных изменений речных русел, определены основные закономерности, определяющие устойчивость русел к антропогенным нагрузкам и сопутствующим им трансформациям [25].
7. Получили развитие оценки геоэкологического состояния речных русел и пойм и концепция опасности русловых процессов [47, 48], в том числе как фактора наводнений, заторов и других неблагоприятных гидрологических явлений, а также связанная с решением геополитических проблем на пограничных реках.

8. Обоснована методика поисков и разведки россыпных месторождений золота на основе применения теории руслового процесса, формирования и перемещения речных наносов [27].
9. Разработана геоморфологическая концепция дельтообразования, дана оценка гидролого-экологического состояния дельт и устьев рек арктического побережья России, Волги, Терека, Кубани и Дона [36, 37].
10. Обосновано новое направление исследований — экология эрозионно-русловых систем: проведены методические разработки, определены критерии и даны оценки экологических последствий эрозии почв, почвенно-эрозионного загрязнения, в т. ч. биогенного, поверхностных вод России [28].
11. Разработаны принципы и методы прогнозирования русловых процессов при естественных и антропогенных изменениях стока воды и наносов [24, 33, 45].
12. Предложены методы реконструкции состояния русел рек в прежние эпохи (верхний плейстоцен—голоцен) и на этой основе палеогидрологической обстановки времени их формирования [29].

Фундаментальные исследования лаборатории в ближайшем будущем предполагают:

- дальнейшее развитие теории и методологии эрозии- и русловедения, их составных частей (географического, гидрофизического, агротехнического эрозиоведения, географического, экологического, инженерного русловедения) и как их квинтэссенции — общей теории эрозионно-русловых систем;
- математическое и компьютерное моделирование эрозионно-русловых систем;
- разработку моделей взаимодействий процессов в эрозионно-русловых системах и их использование при изучении механизмов эрозии почв, овражной эрозии и русловых процессов;
- разработку методов прогнозирования эрозионно-аккумулятивных процессов (эрозии на склонах, овражной эрозии и деформаций русел рек) при различных сценариях климатических изменений, в том числе на основе палеореконструкций, и антропогенных воздействий;
- обоснование долгосрочных прогнозов эрозионных и русловых процессов на глобальном, региональном и бассейновом уровнях, в т. ч. в условиях антропогенных воздействий и глобальных изменений климата;
- гео- и гидроэкологическое прогнозирование эволюции эрозионно-русловых систем в условиях природно-антропогенных изменений природной среды и климата;
- оценку влияния изменений климата, земле- и водопользования, других видов хозяйственной деятельности на эволюцию эрозионно-русловых систем и эксплуатацию земельных и водных ресурсов;
- разработку геоинформационных систем (ГИС) для речных бассейнов при различных сценариях антропогенной нагрузки и на водосборы и русла рек;
- экспериментальное и натурное изучение транспорта, перераспределение наносов в потоках малой глубины и моделирование процессов миграции загрязняющих веществ, транспортируемых совместно с наносами;
- разработку методологии и методов управления эрозионными и русловыми процессами, оптимизации почво- и землезащиты, обеспечивающими гео- и гидроэкологическую безопасность;
- исследование эволюции эрозионно-русловых систем при изменении природной среды, климата и хозяйственной деятельности и разработка прогнозов и прогнозных оценок развития эрозии почв, овражной эрозии и русловых процессов на разные временные интервалы при различных сценариях изменений определяющих факторов.

Прикладные исследования будут сопровождаться созданием математических моделей для расчета и прогноза проявлений эрозионных и русловых процессов в раз-

личных природных и природно-антропогенных условиях при решении конкретных практических задач, связанных с предотвращением опасных проявлений эрозии почв и интенсивного оврагообразования, регулированием речных русел для решения водохозяйственных, транспортных, энергетических проблем на основе управления русловыми процессами. Они должны обеспечить разработку научно обоснованных методов и мероприятий по защите земель от эрозии, оврагообразования и по регулированию русел в интересах различных отраслей экономики (сельское хозяйство, речной транспорт, водоснабжение, нефтегазодобыча и др.).

Успехи, которые достигла лаборатория, признание ее достижений на российском и международном уровнях, большой научный потенциал и, наконец, огромный “задел” позволяет с оптимизмом оценивать перспективы ее развития. Этому будет способствовать внедрение в научные исследования новейших технологий и аппаратуры, математического и компьютерного моделирования, появление молодых талантливых ученых, владеющих современными методами. Вместе с тем основу дальнейших успехов будет составлять опора на натурные исследования, изучение процессов в реальной обстановке.

Благодарности. Выполнено по плану НИР (госзадание) научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н. И. Маккавеева.

Acknowledgments. The study was undertaken according to the research plan (state assignment) of the N. I. Makkaveev Research Laboratory of Soil Erosion and Channel Processes.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маккавеев Н. И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 347 с.
2. *Заславский М. Н.* Эрозия почв. М.: Мысль, 1979. 245 с.
3. *Косов Б. Ф., Зорина Е. Ф., Г. С. Константинова, Б. П. Любимов, Е. М. Белова, И. И. Никольская.* Современная овражность и потенциал оврагообразования на территории СССР М.: Деп. ВИНТИ № 4266—79. 1979. 243 с.
4. *Чалов Р. С.* Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. 232 с.
5. Эрозионные процессы / Под ред. Н. И. Маккавеева и Р. С. Чалова. М.: Мысль, 1984. 256 с.
6. Работа водных потоков / Под ред. Р. С. Чалова. М.: Изд-во МГУ, 1987. 196 с.
7. Русловые процессы и водные пути на реках бассейна Северной Двины / Под ред. Р. С. Чалова, Л. С. Первушина, В. Г. Шмыкова. М.: ООО “Журнал «РТ»”, 2012. 492 с.
8. *Хмелева Н. В., Виноградова Н. Н., Самойлова А. А., Шевченко Б. Ф.* Бассейн горной реки и экзогенные процессы в его пределах. М.: Географ. ф-т МГУ, 2000. 187 с.
9. Эрозия почв и сели в Кабардино-Балкарии / Под ред. Н. И. Маккавеева. Нальчик: Эльбрус, 1970. 80 с.
10. Защита земель Карачаево-Черкессии от эрозии и селей / Под ред. Н. И. Маккавеева. Черкесск: Карач.-Черкес. отд. Ставроп. кн. изд-ва, 1972. 120 с.
11. Борьба с эрозией почв и селями в Дагестане / Под ред. Н. И. Маккавеева. Махачкала: Даг. кн. изд-во, 1977. 102 с.
12. *Заславский М. Н.* Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия. М.: Высш. шк., 1987. 376 с.
13. Прогнозирование и предупреждение эрозии почв при орошении / В. Я. Григорьев, С. Ф. Краснов, М. С. Кузнецов, Г. А. Ларионов, Л. Ф. Литвин. И.: Изд-во МГУ, 1992. 208 с.
14. *Ларионов Г. А.* Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во МГУ, 1993. 200 с.
15. *Литвин Л. Ф.* География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: Академкнига, 2002. 256 с.

16. *Голосов В. Н.* Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.
17. Эрозионно-русловые системы / Ред. Р. С. Чалов, В. Н. Голосов, А. Ю. Сидорчук. М.: ИНФРА, 2017. 792 с.
18. *Косов Б. Ф., Зорина Е. Ф., Любимов Б. П., Морякова Л. А., Никольская И. И., Прохорова С. Д.* Овражная эрозия М.: Изд-во МГУ, 1989. 168 с.
19. *Зорина Е. Ф.* Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: ГЕОС, 2003. 170 с.
20. *Ковалев С. Н.* Овражно-балочные системы в городах. М.: ПринтКоВ, 2011. 138 с.
21. География овражной эрозии / Под ред. Е. Ф. Зориной. М.: Изд-во МГУ, 2006. 324 с.
22. Русловой режим рек Северной Евразии / Под ред. Р. С. Чалова. М.: МГУ, 1994. 336 с.
23. Русловые процессы на реках Алтайского региона / Под ред. Р. С. Чалова. М.: МГУ, 1996. 243 с.
24. *Беркович К. М.* Географический анализ антропогенных изменений русловых процессов. М.: ГЕОС, 2001. 164 с.
25. *Беркович К. М.* Русловые процессы в сфере влияния водохранилищ. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2012. 163 с.
26. *Беркович К. М.* Русловые процессы и русловые карьеры. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2005. 109 с.
27. *Хмелева Н. В., Виноградова О. В.* Русловые процессы и формирование аллювиальных россыпей долины. М.: Изд-во МГУ, 2009. 172 с.
28. Экология эрозионно-русловых систем России / Под ред Р. С. Чалова. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2002. 163 с.
29. *Сидорчук А. Ю., Панин А. В., Чернов А. В., Борисова О. К., Ковалюх Н. Н.* Сток воды и морфология русел рек Русской равнины в поздневалдайское время и в голоцене (по данным палеоруслового анализа) // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 12. М.: Изд-во МГУ, 2000. С. 196–230.
30. *Сурков В. В.* Динамика пойменных ландшафтов Верхней и Средней Оби. М.: Изд-во МГУ, 1999. 255 с.
31. Водные пути бассейна Лены / Под ред. Р. С. Чалова, В. М. Панченко, С. Я. Зернова. М.: МИКИС, 1995. 600 с.
32. Русловые процессы и водные пути на реках Обского бассейна / Под ред. Р. С. Чалова, Е. М. Плескевича, В. А. Баулы. Новосибирск: РИПЭЛ плюс, 2001. 300 с.
33. *Гладков Г. А., Чалов Р. С., Беркович К. М.* Гидроморфология русел судоходных рек. СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2016. 432 с.
34. *Бабич Д. Б., Коротаев В. Н., Магрицкий Д. В., Михайлов В. Н.* Нижняя Индигирка: устьевые и русловые процессы. М.: ГЕОС, 2001. 202 с.
35. Нижняя Яна: устьевые и русловые процессы / Отв. ред. В. Н. Коротаев, В. Н. Михайлов, Р. С. Чалов. М.: ГЕОС, 1998. 212 с.
36. *Коротаев В. Н.* Геоморфология речных дельт. М.: Изд-во МГУ, 1991. 223 с.
37. *Коротаев В. Н.* Очерки по геоморфологии устьевых и береговых систем. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2012. 540 с.
38. Атлас русловой морфодинамики нижней Волги (Волгоград–Астрахань) / Ред. В. Н. Коротаев, Д. Б. Бабич, Р. С. Чалов. М.: Изд-во МГУ, 2009. 232 с.
39. *Айбулатов Д. Н., Бабич Д. Б., Иванов В. В., Коротаев В. Н., Лабутина И. А., Михайлов В. Н., Римский-Корсаков Н. А., Рычагов Г. И., Светоч А. А., Чалова Е. Р.* Атлас дельты Волги: геоморфология, русловая и береговая морфодинамика. М.: АПР, 2015. 128 с.
40. *Айбулатов Д. Н., Анисимова Н. В., Бабич Д. Б., Ботавин Д. В., Иванов В. В., Ильясов А. К., Коротаев В. Н., И. А. Лабутина, С. А. Лульянова, Д. В. Магрицкий, А. А. Пронин, Т. Ю. Репкиа, Н. А. Римский-Корсаков, Ф. А. Романенко, Г. И. Рычагов, Г. А. Сафьянов, Г. Д. Соловьёва, Е. Р. Чалова, Н. А. Шполянская.* Атлас “Морфодинамика устьевых систем крупных рек Арктического побережья России”. М.: АПР, 2017. 148 с.
41. *Сидорчук А. Ю.* Структура рельефа речного русла. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 126 с.
42. *Чалов Р. С., Алабян А. М., Иванов В. В., Лодина Р. В., Панин А. В.* Морфодинамика русел равнинных рек. М.: ГЕОС, 1998. 288 с.
43. *Чалов Р. С., Завадский А. С., Панин А. В.* Речные излуины. М.: Изд-во МГУ, 2004. 371 с.
44. *Чалов Р. С.* Руслование: теория, география, практика. Т. 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 608 с.

45. Чалов Р. С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 2. Морфодинамика речных русел. М.: Красан, 2011. 960 с.
46. Чалов Р. С., Чернов А. В. Мелкомасштабное картографирование русловых процессов // Геодезия и картография. 2000. № 3. С. 35–43.
47. Беркович К. М., Чалов Р. С., Чернов А. В. Экологическое русловедение. М.: ГЕОС, 2000. 332 с.
48. Чернов А. В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: Крона, 2009. 694 с.

REFERENCES

1. Makkaveev N. I. *Ruslo reki i eroziya v ee basseine* (River channel and erosion in its basin). M.: Izd-vo AN SSSR (Publ.), 1955. 347 p.
2. Zaslavskij M. N. *Eroziya pochv* (Soil erosion). M.: Mysl' (Publ.), 1979. 245 p.
3. *Sovremennaja ovrazhnost i potencial ovragoobrazovaniya na territorii SSSR* (Modern gully and gully potential on the USSR territory). Kosov B. F., Zorina E. F., G. S. Konstantinova, B. P. Lyubimov, E. M. Belova, and I. I. Nikolskaya. Ed. M.: Dep. VINITI. No. 4666–79. 1979. 243 p.
4. Chalov R. S. *Geograficheskie issledovaniya ruslovых processov* (Geography study of channel processes). M.: Izd-vo MGU (Publ.), 1979. 232 p.
5. *Eroziyonnye process* (Erosional processes). N. I. Makkaveev and R. S. Chalov. Ed. M.: Mysl' (Publ.), 1984. 256 p.
6. *Rabota vodnyh potokov* (The work of water streams). R. S. Chalov. Ed. M.: Izd-vo MGU (Publ.), 1987. 196 p.
7. *Ruslovye processy i vodnye puti na rekah bassejna Severnoj Dviny* (Channel processes and water ways on the rivers of the Northern Dvina basin). R. S. Chalov, L. S. Pervuschin, and V. G. Schmykov. Ed. M.: OOO "Zhurnal «RT»" (Publ.). 2012. 492 p.
8. Hmeleva N. V., Vinogradova N. N., Samojlova A. A., and Shevchenko B. F. *Bassejn gornoj reki i ekzogenные processy v ego predelah* (The mountain river basin and exogenous processes within it). M.: Geogr. f-t MGU (Publ.), 2000. 187 p.
9. *Eroziya pochv i seli v Kabardino-Balkarii* (Soil erosion and mudflows in Kabardino-Balkaria). N. I. Makkaveev. Ed. Nalchik: Elbrus (Publ.), 1970. 80 p.
10. *Zashchita zemel Karachaevo-Cherkessii ot erozii i selej* (Land protection from the mudflows in Karachay-Cherkessia). N. I. Makkaveev. Ed. Cherkessk: Karach.-Cherkes. otd. Stavrop. knizh. izd-va (Publ.), 1972. 120 p.
11. *Bor'ba s erozij pochv i selyami v Dagestane* (Land-erosion and mudflows control in Dagestan). N. I. Makkaveev. Ed. Mahachkala: Dag. knizh. izd-vo (Publ.), 1977. 102 p.
12. Zaslavskij M. N. *Eroziovedenie. Osnovy protiverozionnogo zemledeliya* (Erosion science. Basis of the erosion preventing ugriculture). M.: Vysshaya shkola (Publ.), 1987. 376 p.
13. *Prognozirovanie i preduprezhdenie erozii pochv pri oroschenii* (Forecasting and preventing of soil erosion under irrigation). V. Ya. Grigor'ev, S. F. Krasnov, M. S. Kuznecov, G. A. Larionov, and L. F. Litvin. Ed. M.: Izd-vo MGU (Publ.), 1992. 208 p.
14. Larionov G. A. *Eroziya i deflyaciya pochv: osnovnye zakonomernosti i kolichestvennye ocenki* (Soil erosion and deflation: main regularities and measures). M.: Izd-vo MGU (Publ.), 1993. 200 p.
15. Litvin L. F. *Geografiya erozii pochv selskohozyajstvennyh zemel Rossii* (Geography of Russian agricultural lands soil erosion). M.: Akademkniga (Publ.), 2002. 256 p.
16. Golosov V. N. *Eroziionno-akkumulativные processy v rechnykh bassejnah osvoennyh ravnin* (Erosion-and-accumulative processes in river basins of developed plains). M.: GEOS (Publ.), 2006. 296 p.
17. *Eroziionno-ruslovye sistemy* (Erosiona-and-channel systems). R. S. Chalov, V. N. Golosov, and A. Yu. Sidorchuk. Ed. M.: INFRA-M (Publ.), 2017. 792 p.
18. *Ovrazhnaya eroziya* (Gully erosion). B. F. Kosov, E. F. Zorina, B. P. Lyubimov, L. A. Moryakova, I. I. Nikolskaya, and S. D. Prohorova. Ed. M.: Izd-vo MGU (Publ.), 1989. 168 p.
19. Zorina E. F. *Ovrazhnaya eroziya: zakonomernosti i potencial razvitiya* (Gully erosion: regularities and potential of development). M.: GEOS (Publ.), 2003. 170 p.
20. Kovalev S. N. *Ovrazhno-balochные sistemy v gorodah* (Gully and small ravine systems in cities). M.: PrintKoV (Publ.), 2011. 138 p.

21. *Geografiya ovrazhnoj erozii* (Geography of gully erosion). E. F. Zorina. Ed. M.: Izd-vo MGU (Publ.), 2006. 324 p.
22. *Ruslovoj rezhim rek Severnoj Evrazii* (Channel regime of the Northern Eurasian rivers). R. S. Chalov. Ed. M.: MGU (Publ.), 1994. 336 p.
23. *Ruslovyje processy na rekah Altajskogo regiona* (Channel processes on the Altai Region rivers). R. S. Chalov. Ed. M.: MGU (Publ.), 1996. 243 p.
24. Berkovich K. M. *Geograficheskij analiz antropogennyh izmenenij ruslovyh processov* (Geographical analysis of the channel processes anthropogenous changes). M.: GEOS (Publ.), 2001. 164 p.
25. Berkovich K. M. *Ruslovyje processy v sfere vliyaniya vodohranilishch* (Channel processes in the reservoirs influence area). M.: Geogr. f-t MGU (Publ.), 2012. 163 p.
26. Berkovich K. M. *Ruslovyje processy i ruslovyje kar'ery* (Channel processes and channel mines). M. 2005. 109 p.
27. Hmeleva N. V. and Vinogradova O. V. *Ruslovyje processy i formirovanie allyuvialnyh rossypej doliny* (Channel processes and alluvial stream gravel forming in valleys). M.: MGU (Publ.), 2009. 172 p.
28. *Ekologiya erozionno-ruslovyh sistem Rossii* (Ecology of the Russian erosion-and-channel system). R. S. Chalov. Ed. M.: Geogr. f-t MGU (Publ.), 2002. 163 p.
29. Sidorchuk A. Yu., Panin A. V., Chernov A. V., Borisova O. K., and Kovalyuh N. N. Water flow and morphology of the channels of the rivers of the Russian Plain in the Late Valdai time and in the Holocene (according to the pale-channel analysis), in *Erozija pochv i ruslovyje process* (Soil erosion and channel processes). Iss. 12. M.: Izd-vo MGU (Publ.), 2000. P. 196–230.
30. Surkov V. V. *Dinamika pojmnennyh landshaftov Verhnej i Srednej Obi* (Dynamics of the Upper and Middle Ob' River flood plain landscapes). M.: Izd-vo MGU (Publ.), 1999. 255 p.
31. *Vodnye puti bassejna Leny* (Water ways of the Lena River Basin). R. S. Chalov, V. M. Panchenk, and S. Ya. Zernov. Ed. M.: MIKIS (Publ.), 1995. 600 p.
32. *Ruslovyje processy i vodnye puti na rekah Obskogo bassejna* (Channel processes and water ways on the rivers of the Ob' basin). R. S. Chalov, E. M. Pleskevich, and V. A. Bauly. Ed. Novosibirsk: RIPEHL plyus (Publ.), 2001. 300 p.
33. Gladkov G. A., Chalov R. S., and Berkovich K. M. *Gidromorfologiya rusel sudohodnyh rek* (Hydromorphology of the navigable rivers channel). SPb.: Izd-vo GUMRF im. adm. S. O. Makarova (Publ.), 2016. 432 p.
34. Babich D. B., Korotaev V. N., Magrickij D. V., and Mihajlov V. N. *Nizhnaya Indigirka: ustevye i ruslovyje process* (The Lower Indigirka: mouth and channel processes). M.: GEOS (Publ.), 2001. 202 p.
35. *Nizhnaya Yana: ust'evye i ruslovyje process* (The Lower Yana: mouth and channel processes). V. N. Korotaev, V. N. Mihailov, and R. S. Chalov. Ed. M.: GEOS (Publ.), 1998. 212 p.
36. Korotaev V. N. *Geomorfologiya rechnyh delt* (Geomorphology of the rivers deltas). M.: Izd-vo MGU (Publ.), 1991. 223 p.
37. Korotaev V. N. *Ocherki po geomorfologii ust'evykh i beregovykh system* (Sketch-book on the mouth and coastal systems). M.: Geogr. f-t MGU (Publ.), 2012. 540 p.
38. *Atlas ruslovoj morfodinamiki nizhnej Volgi (Volgograd–Astrahan)* (Atlas of the Lower Volga channel morphodynamics). V. N. Korotatv, D. B. Babich, and R. S. Chalov. Ed. M. Izd-vo MGU (Publ.), 2009. 232 p.
39. *Atlas detlty Volgi: geomorfologija, ruslovaja i beregovaja morfodinamika* (Atlas of the Volga Delta: geomorphology, channel and coastal morphodynamics). D. N. Aibulatov, D. B. Babich, V. V. Ivanov, V. N. Korotatv, I. A. Labutina, V. N. Mihailov, N. A. Rimskii-Korsakov, U. I. Rychagov, A. A. Svitoch, and E. R. Chalova. Ed. M.: APR (Publ.), 2015. 128 p.
40. *Atlas "Morfodinamika ustevykh system krupnyh rek Arkticheskogo poberezhja Rossii"* (Atlas "Morphodynamics of the mouth systems in huge rivers of the Russian arctic coast"). Aibulatov D. N., Anisimova N. V., Babich D. B., Botavin D. V., Ivanov V. V., and Korotaev V. N. Ed. M.: APR (Publ.), 2017. 148 p.
41. Sidorchuk A. Yu. *Struktura rel'efa rechnogo rusla* (Structure of the river channel relief). SPb.: Gidrometeoizdat (Publ.), 1992. 126 p.
42. Chalov R. S., Alabyan A. M., Ivanov V. V., Lodina R. V., and Panin A. V. *Morfodinamika rusel ravninnyh rek* (Plain rivers channel morphodynamics). M.: GEOS (Publ.), 1998. 288 p.
43. Chalov R. S., Zavadskij A. S., and Panin A. V. *Rechnye izluchiny* (River bends). M.: Izd-vo MGU (Publ.), 2004. 371 p.

44. Chalov R. S. *Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. T. 1. Ruslovye processy: faktory, mekhanizmy, formy proyavleniya i usloviya formirovaniya rechnyh rusel* (Channel science: theory, geography, practice. Ch. 1. Channel processes: factors, mechanisms, forms of demonstration and forming conditions of river channels.). M.: Izd-vo LKI (Publ.), 2008. 608 p.
45. Chalov R. S. *Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. T. 2. Morfodinamika rechnyh rusel* (Channel science: theory, geography, practice. Ch. 2. Morphodynamics of the river channel). M.: Krasand (Publ.), 2011. 960 p.
46. Chalov R. S. and Chernov A. V. Small-scale mapping of channel processes. *Geodez. Kartograf.* 2000. No. 3. P. 35–43. (in Russ.)
47. Berkovich K. M., Chalov R. S., and Chernov A. V. *Ekologicheskoe ruslovedenie* (Ecological channel science). M.: GEOS. 2000 (Publ.), 332 p.
48. Chernov A. V. *Geografiya i geoekologicheskoe sostoyanie rusel i pojm rek Severnoj Evrazii* (Geography and geoecological state of the Northern Eurasian river channels and flood plains). M.: Krona (Publ.), 2009. 694 p.