

12. Корреляция тектонических событий новейшего этапа развития Земли / Лукина Н.В., Макаров В.И., Трифонов В.Г., Волчкова Г.И. Труды ГИН АН СССР. Вып. 399. М.: Наука, 1985. 173 с.
13. Кротокин П.Н. Напряженное состояние земной коры и тектонические разломы // Разломы земной коры. М.: Наука, 1977. С. 5–31.
14. Хосино М. Морская геология. Пер. с япон. М.: Недра, 1986. 432 с.
15. Ласточкин А.Н. Рельеф земной поверхности. Л.: Недра, 1991. 340 с.
16. Розанов Л.Н. Разломы земной коры и их связь с нефтегазоносностью платформенных областей СССР // Разломы земной коры. М.: Наука, 1977. С. 134–137.
17. Исследование напряженного состояния, кинематики и развития нарушений сплошности осадочного чехла над активными разломами фундамента (при сочетании математического и физического моделирования в условиях плоской деформации) / Григорьев А.С., Волович И.М., Михайлова А.В. и др. // Поля напряжений и деформаций в земной коре. М.: Наука, 1987. С. 5–31.
18. Сваричевская З.А., Селиверстов Ю.П. Эволюция рельефа и время. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 240 с.
19. Артемьев М.Е. Современное состояние проблемы изостазии // Строение и эволюция тектоносферы. М.: ИФЗ АН СССР, 1987. С. 216–252.
20. Проблемы теоретической геоморфологии / Симонов Ю.Г., Тимофеев Д.А., Уфимцев Г.Ф. и др. М.: Наука, 1988. 256 с.
21. Никонов А.А. Современные движения земной коры. М.: Наука, 1979. 184 с.
22. Орленок В.В. Физические основы эволюции перисферы Земли. Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. 248 с.
23. Герасимов И.П., Мещеряков Ю.А. Геоморфологический этап в истории Земли // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1984. № 6. С. 3–13.

СПбГУ

Поступила в редакцию
15.11.94

RELIEF AND PRESUMABLE NATURE OF NEOTECTONIC DEFORMATIONS WITHIN THE UPPER LITHOSPHERE

Yu.E. MUSATOV

S u m m a r y

The paper discusses problems of feedback existing between the land surface relief, stress fields within the upper lithosphere, neotectonic movements and deformations. Possibilities are indicated of a large scale interaction between the relief and a number of processes due to gravity at the Cenozoic stage of the geological history. The structural plan of the upper lithosphere is suggested to be much more complex than deeper interior of the Earth.

УДК 551.435.11

© 1996 г. Д.А. ТИМОФЕЕВ, Н.В. ХМЕЛЕВА, Р.С. ЧАЛОВ

"РУСЛО РЕКИ И ЭРОЗИЯ В ЕЕ БАССЕЙНЕ" ЧЕРЕЗ 40 ЛЕТ

Сорок лет тому назад вышла в свет замечательная книга Н.И. Маккавеева "Русло реки и эрозия в ее бассейне" [1]. Она заложила солидное основание в теорию и методологию нового гидролого-геоморфологического направления в исследовании флювиальных процессов и форм рельефа. Как писал в своей рецензии на монографию Ю.А. Мещеряков, она «не относится к числу монографий, которые как бы "закрывают" проблему, подводя итоги ее изучению. Цель книги иная. Она состоит в том, чтобы наметить новые пути для дальнейших исследований» [2, с. 143].

В данной статье авторы стремятся проанализировать развитие идей, заложенных в книге Н.И. Маккавеева, и показать роль этой книги в теории общей и флювиальной геоморфологии, гидрологии, физической географии.

Главной концепцией, основной идеей работ Н.И. Маккавеева был комплексный географический подход к изучению факторов и процессов, обусловленных стоком воды по поверхности суши. Н.И. Маккавеев описал и объяснил единый эрозионно-аккумулятивный процесс как ведущий процесс формирования и развития земной поверхности. Одно из проявлений взаимодействия факторов и природных объектов – формирование и эволюция специфического набора флювиальных – эрозионно-аккумулятивных – форм и типов рельефа. Заслуга Н.И. Маккавеева в том, что он объединил в единую систему процессы водного стока, изучаемые гидрологией, и земную поверхность с ее рельефом и ландшафтами. Такой комплексный географический подход позволил по-новому подойти к решению ряда фундаментальных научных проблем и важнейших практических задач гидрологии и геоморфологии. К числу таких проблем и задач, разработкой которых последние десятилетия занимался и сам Н.И. Маккавеев, и его ученики и последователи, относятся образование единой сети стока поверхностных вод и роль изменений в окружающей среде в функционировании этой сети, проблема циклов эрозии и формирование пенепленов, динамика рельефа речных русел, эрозия почв, образование аллювиальных россыпей и др. Мы остановимся на некоторых из этих проблем и постараемся показать значение идей Н.И. Маккавеева и современное состояние их разработок.

Много внимания Н.И. Маккавеев в монографии 1955 г. и позднее, в том числе и в экспериментальных работах [3–5], уделял коренной проблеме геоморфологии – происхождению речных долин и террас. Он был твердым сторонником водноэрозионного генезиса долин, хотя, конечно, и не оспаривал значения других факторов (тектоника, литология) в их формировании. Эта его позиция ясно видна из следующих слов: "...сравнительно редко удается наблюдать реку, которая бы пассивно приспособила свое русло к формам рельефа, созданным другими (кроме стока) агентами. Наоборот, большей частью основные элементы формы речных русел и рисунка речной сети имеют закономерные соотношения, что указывает на общность фактора, определившего их развитие. Таким фактором может быть только сток и, следовательно, объективно верная история развития речной системы должна включать прежде всего историю формирования стока с той территории, на которой расположен бассейн данной реки" [1, с. 6].

Правда, надо сказать, что в приведенной цитате речь идет о реках и речных системах, а не о долинах и долинной сети. В других местах своей монографии Н.И. Маккавеев приводит ряд доказательств того, что речной сток является главным агентом формирования долин, и его эрозионной и аккумулятивной деятельностью можно объяснить основные особенности морфологии речных долин. Несомненно, это так, но все же одним гидрологическим фактором трудно объяснить разнообразие и рисунков долинной сети (да и речной сети тоже), и морфологических типов долин. В чем был совершенно прав Н.И. Маккавеев, так это в утверждении, что "водная сеть любой территории является продуктом взаимодействия всех факторов, формирующих ландшафт" [1, с. 31]. В этом утверждении – основа концепции Н.И. Маккавеева, который отнюдь не присоединялся ко многим современным гидрологам, принимающим известное высказывание А.И. Воейкова: "Реки есть продукт климата" – за аксиому.

Сложнее обстоит дело с критической оценкой Н.И. Маккавеевым теории циклов эрозии В.М. Дэвиса. Он упрекал последнего в том, что тот рассматривал лишь взаимоотношения тектоники и речной эрозии. Это не совсем так, ибо Дэвис достаточно подробно анализировал и роль климатических вариаций в отклонениях от "нормального" гумидного цикла. Позднее в ряде своих статей Н.И. Маккавеев [6–8] рассматривал проблему формирования пенепленов, в частности глобального пенеплена, исходя из своей оценки роли флювиальных процессов в общемировом перемещении твердого вещества. Основываясь на данных об объеме твердого речного стока, Н.И. Маккавеев поставил задачу расчета скоростей формирования глобального пенеплена (срезания континентов) путем составления баланса наносов в системе бассейн реки – речное русло – океан. По Н.И. Маккавееву, с учетом ряда введенных

им поправок, время, требуемое для эрозионного срезания материалов и образования глобального пенеплена, равно 22 млн. лет. По-видимому, эта цифра сейчас представляется наиболее достоверной [9]. Очень существенно высказывание Н.И. Маккавеева [8] о равнозначности эндогенного и экзогенного факторов в рельефообразовании и о том, что неверно приписывать ведущую роль в морфогенезе только тектонике.

По-новому прозвучала и идея Н.И. Маккавеева о равных возможностях регрессивного и трансгрессивного развития речных систем. Теоретические рассуждения и конкретные примеры, приводимые Н.И. Маккавеевым, недвусмысленно показывают, что в зависимости от географических условий бассейн реки может захватывать окружающие территории как за счет регрессивного роста верховьев (в том числе и путем регрессивной эрозии и перехватов), так и путем трансгрессивного удлинения низовий.

Эти представления исходят из предсказанного Н.И. Маккавеевым и подтвержденного в последующие годы, в том числе и его учениками, единства системы поверхностного водного стока, который образует три взаимосвязанных звена: склоновый сток, временные потоки и постоянные потоки – реки. В книге 1955 г. приводится ряд "любопытных" деталей взаимодействия трех звеньев стока, в частности, склонового стока. Позднейшие исследования механизмов жидкого и твердого стока в верхних звеньях гидросети дали возможность по-новому подойти, с одной стороны, к решению сложной проблемы эволюции склонов, с другой – к пониманию процессов эрозии почв. Прав оказался Н.И. Маккавеев в своей критике теоретических моделей Р. Хортон о существовании пояса отсутствия эрозии в приводораздельной зоне. Наблюдения и измерения, проведенные эрозиоведами многих стран, показали, что такой пояс отсутствует и что даже на уплотненных вершинах водоразделов имеется сток и происходит эрозионно-аккумулятивное перемещение наносов. Заканчивая эту тему, отметим, что Н.И. Маккавеев одним из первых обратил внимание на пространственно-временную неравномерность склонового стока и смыва, назвав это явление "выборочным смывом" [1, с. 36]. Позднее это наблюдение Н.И. Маккавеева привело к формулированию оригинальной концепции прерывистой денудации и аккумуляции, играющей большую роль в изучении развития склонов [10].

Подтвердились и высказанные в книге положения о единовременном усилении или ослаблении глубинной и боковой эрозии постоянных и временных водотоков. Это было продемонстрировано в серии уникальных природных и лабораторных экспериментов, проведенных под руководством Н.И. Маккавеева [3–5]. А из этого следует вывод, что широко распространенное среди геоморфологов мнение о разных фазах или стадиях врезания и боковой эрозии в истории речных долин должно быть пересмотрено.

Значительное внимание Н.И. Маккавеев в своей книге уделил проблеме формирования и развития продольного профиля реки. Эта проблема в гидролого-геоморфологической литературе обсуждается более века. Н.И. Маккавеев ясно показал, что в зависимости от местных геолого-географических, в том числе и климатических условий "нормальная" форма продольного профиля может быть различной и не обязательно вогнутой. Достаточно подробно им рассматривался и вопрос о возникновении и сохранении (или уничтожении) перегибов продольного профиля и их смещении вверх по течению. Н.И. Маккавеев выступил с во многом справедливой критикой представлений о так называемом профиле равновесия, считая, что водные потоки, трансформирующие свое ложе путем эрозии и аккумуляции, отнюдь не стремятся к равновесию. Он предложил взамен гипотетического профиля равновесия понятие о выработанном продольном профиле, который характеризует "... стадию развития русла с установившимися определенными соотношениями между уклонами и транспортирующей способностью потока" [1, с. 189].

Надо подчеркнуть, что эти высказывания не прекратили дискуссию в среде геоморфологов о правомочности концепции идеального профиля равновесия. Хотя некоторые ученые, ссылаясь на авторитет Н.И. Маккавеева, стремятся доказать

полную несостоятельность этой концепции, а из этого даже делают вывод о несостоятельности ряда теоретических основ учения В.М. Дэвиса [11], все же идея о наличии общей тенденции, общего тренда водных потоков к некоему равновесному состоянию продолжает существовать в умах и трудах геоморфологов. Видимо, здесь имеет место противоречие между дедуктивным и эмпирически индуктивным образами мышления и научного анализа.

Пожалуй, наиболее важным общенаучным выводом, намеченным в книге Н.И. Маккавеева и сформулированным им позднее, является закон факторной относительности. Этот закон был установлен Н.И. Маккавеевым в 1971 г. [12], но вся монография 1955 г. проникнута идеей об относительности наших знаний о закономерностях эрозионно-аккумулятивного процесса, о разнообразии возможных путей развития этого процесса, обусловленном разнообразием факторов и условий, в которых этот процесс осуществляется. Эта особенность книги Н.И. Маккавеева уловлена ее первым рецензентом Ю.А. Мещеряковым [2], который подчеркнул методологическую значимость критического отношения автора к универсальным схемам развития как частных форм и процессов (например, продольного профиля реки), так и рельефа в целом (циклы эрозии). Закон факторной относительности, сформулированный по отношению к флювиальным процессам и русловым системам, заключается в том, что различные элементы системы неоднозначно и неодновременно реагируют на одно и то же внешнее воздействие. Ныне этот "русловой" закон трактуется более широко, в виде одного из законов геоморфологии [13–16].

Особое место в монографии занимают проблемы русловых процессов, связанных с рельефообразующей деятельностью рек. В узком плане, будучи специалистом именно в этой области науки, Н.И. Маккавеев своей книгой по существу открыл новое направление в учении о русловых процессах, которое теперь называется географическим русловедением, и предвосхитил формирование русловедения как отрасли знаний, пограничной между геоморфологией, гидрологией и гидродинамикой (динамикой русловых потоков).

Определяя географическое направление в изучении русловых процессов, Н.И. Маккавеев исходил из трех основных тезисов. Во-первых, "... русловые процессы в такой же мере зональны, как и другие географические процессы" [1, с. 179]. При этом ведущим фактором зональности является характер гидрологического режима, определяемый, в свою очередь, климатом. Во-вторых, "... формы русла можно рассматривать как результат взаимодействия факторов географической среды, как отображение движения различных физических сред, как звенья исторического процесса развития рельефа, как результат взаимодействия смежных русловых структур, как одну из форм перемещения твердого вещества текущей воды" [1, с. 139]. В этом высказывании нашла отражение двойственная природа русловых процессов: с одной стороны, они – гидромеханическое явление, результат взаимодействия потока и русла, с другой – природное явление, которое развивается под влиянием современных условий формирования стока, а также является продуктом эволюции реки за исторические и геологические отрезки времени. По существу Н.И. Маккавеев объединил в своей монографии два независимо развивающихся пути изучения русловых процессов – гидродинамический, исследующий физику и механизмы процессов, и гидролого-геоморфологический, связанный с описанием и получением характеристик реальных форм их проявлений в конкретных природных условиях и на конкретных реках. Именно благодаря трудам Н.И. Маккавеева был реализован вывод М.А. Великанова [17, с. 12] о том, что становление теории русловых процессов как отрасли знаний возможно, если произойдет "синтез физической гидродинамики с ее усложненными экспериментальными методами и теоретическими обобщениями и геоморфологии, собирающей и анализирующей фактические материалы по формированию речных русел".

В-третьих, одной из причин образования и развития "русловых систем является неравномерность интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов на территории

суши", а "... при исследовании развития эрозионного рельефа в целом и рельефа речного русла в частности необходимо учитывать взаимодействие отдельных форм рельефа между собой" [1, с. 138–139]. До Н.И. Маккавеева эрозионные процессы на водосборе рассматривались только с позиций поставщика наносов в речную сеть (М.А. Великанов, Г.И. Шамов, Г.И. Лопатин и др.). Н.И. Маккавеев уже в названии книги в качестве главного научного кредо указал на взаимосвязь этих двух, казалось бы, удаленных друг от друга явлений. Русловые процессы стали рассматриваться им как завершающее звено в цепочке явлений, связанных с воздействием стока на земную поверхность и, следовательно, находящихся в сложном соотношении между собой, зависящих от природных особенностей каждой зоны или речного бассейна. Уже 20 с лишним лет спустя, развивая учение о едином эрозионно-аккумулятивном процессе, Н.И. Маккавеев сформулировал общие законы развития всех трех основных его составляющих – эрозии почв, овражной эрозии и русловых процессов, завершив тем самым формирование методологических основ этого учения. По существу же Н.И. Маккавеев к анализу русловых процессов впервые применил системный подход, рассматривая в едином комплексе бассейн и русло реки, почти на два десятилетия опередив использование системной методологии в современных географических исследованиях.

Справедливости ради следует сказать, что сам Н.И. Маккавеев не употреблял понятия "системный подход". Да и вообще он не придавал значения подобным определениям, считая более важным их реальное использование в своей работе. То же самое касается формализации представлений на уровне классификаций и других схем и моделей. Фактически создав, например, основы типизации речных русел по их морфологии и режиму деформаций, он в монографии не свел ее в соответствующую таблицу. А это, к сожалению, привело в ряде случаев к тому, что приоритет Н.И. Маккавеева не признается или принижается роль его научных выводов в тех или иных областях теории русловых процессов.

Вторая, русловая часть монографии очень строго структурирована по уровням проявления русловых процессов, факторам и механизмам их развития на каждом из этих уровней: река в целом (продольный профиль), пойма, формы русла (излучины выделены в отдельную главу), перекаты как формы руслового рельефа. Впоследствии такой подход получил название "дискретности русловых процессов" и стал связываться со школой ГГИ (Н.Е. Кондратьев, И.В. Попов) даже в работах некоторых прямых учеников Н.И. Маккавеева. Вместе с тем сам Н.И. Маккавеев показал взаимосвязь и взаимообусловленность русловых процессов на каждом уровне между собой. Это, в частности, проявилось в выделении им перекатов, образующихся "в районах глубинной эрозии" (врезание реки, приводящее к трансформации продольного профиля и понижению его отметок) и "в районах боковой эрозии", где блуждание русла в горизонтальной плоскости связано с развитием форм русла либо при отсутствии тенденции к врезанию, вследствие чего возникают широкие поймы, либо в условиях направленной аккумуляции наносов.

Объединяющим все уровни проявления русловых процессов является, по Н.И. Маккавееву, то, что каждый из них представляет собой ту или иную форму стока наносов. В развитии продольного профиля это выражается через открытый Н.И. Маккавеевым закон автоматического выравнивания транспортирующей способности потока на реке в целом или на ее отрезке значительного протяжения. На уровне дна долины, в пойме происходит постоянный обмен веществом между поймой и руслом, связанный с аккумуляцией наносов на поверхности поймы и превращением в пойму зарастающих растительностью частей русла, с одной стороны, и размывом пойменных берегов, с другой. Сама же пойма консервирует в себе большой объем перемещаемых рекой наносов и, выводя их из стока, создает условия для размывов самого русла. Развитие форм русла уже непосредственно связано с перемещением наносов, поскольку возникающая при этом свойственная каждой форме русла определенная структура потока создает чередование в русле зон эрозии и аккумуляции наносов. Наконец,

перекаты как грядовые формы руслового рельефа, представляющие собой "скопление аллювия" [1, с. 288], являются прямым выражением транспорта донных наносов, в котором перекаты стали рассматриваться как самые крупные гряды или комплексы крупных гряд в русле. Но это стало возможным лишь с началом массового использования эхолотов в практике речных изысканий, что позволило установить всю сложную иерархию гряд вплоть до микроформ руслового рельефа.

В последнее время идеи Н.И. Маккавеева о многоуровненности форм перемещения вещества русловыми потоками нашли дальнейшее развитие в работах его ученика Н.И. Алексеевского.

Считается, что сам Н.И. Маккавеев никогда не давал определение понятия "русловые процессы". Однако это не так. В монографии говорится: "В наиболее общей форме процесс руслообразования можно определить как процесс "отображения" поверхностью твердой среды (т.е. грунтами, слагающими ложе) особенностей движения воды и перемещаемых ею наносов" [1, с. 137]. Этому определению предшествуют рассуждения, сводящиеся к тому, что русловые процессы слагаются из движения воды, перемещения водой наносов, их взаимодействия со слагающими ложе потока грунтами и возникающими в результате этого формами русла. Таким образом, известное в то время определение М.А. Великанова – "русловые процессы есть взаимодействие потока и грунтов, слагающих его ложе" – дополняется Н.И. Маккавеевым второй важнейшей составляющей сущности самих процессов – транспортом наносов.

Среди других важнейших разработок в области теории русловых процессов следует назвать обоснование механизма формирования речных излучин. Н.И. Маккавеев связал это явление с увеличением кинетической энергии потока при возникновении первичного изгиба и, соответственно, транспортирующей способности потока. При этом первичный изгиб потока возникает при стоке наносов, достаточном для образования гряды или скопления гряд. Одновременно с развитием излучины происходит рост потерь энергии потока, что в конечном счете приводит к возникновению условий для спрямления излучины, когда утрачивается ее гидравлическая выгодность. Аналитическим путем Н.И. Маккавеев получил критерий спрямления излучин ($I = 1,6L$, где I – длина, L – шаг излучины), оказавшийся равным среднему коэффициенту извилистости свободно меандрирующих рек. Таким образом, были раскрыты физические законы меандрирования, чего не хватает всем предшествовавшим и последующим гипотезам.

Н.И. Маккавеев доказал также независимое существование морфодинамических типов русла – извилистого, разветвленного и относительно прямолинейного, неразветвленного. Каждому из них свойственна вполне определенная структура потока. Само же возникновение разветвлений связано им с появлением в русле осередков, что в дальнейшем легло в основу развития представлений о механизме формирования и режиме деформаций разветвленных русел. Однако Н.И. Маккавеев в известной мере преувеличивал роль "интенсивной аккумуляции наносов" в этом процессе. Впоследствии и он, и его ученики показали, что речь идет не об интенсивной аккумуляции, а о формировании гряд в виде островов (не связанных с берегами) при большой ширине русла в условиях малой его устойчивости или изменении формы транспорта наносов при резко выраженной внутригодовой неравномерности стока, с чем связано появление скоплений наносов в стержневой зоне потока, где их сток максимален, на спаде половодья.

Н.И. Маккавееву принадлежит приоритет в изучении специфики русловых процессов в узлах слияния рек, разработке принципиальных схем условий формирования, многолетнего и сезонного режимов перекатов, в выделении горных рек как особой формы проявления русловых процессов, обосновании понятия и теории руслоформирующих расходов воды, создании схемы гидрологического режима поймы. Далеко не все эти вопросы получили в монографии полное освещение, по ряду из них Н.И. Маккавеев ограничился лишь их постановкой, обоснованием самой идеи, пре-

доставив возможность использовать их в дальнейшем. Действительно, за истекшие 40 лет каждая из названных тем, опираясь на исходные представления Н.И. Маккавеева, находила развитие, превращаясь в самостоятельные разделы теории русловых процессов, приводила к решению важных практических задач.

Особое место в книге занимает раздел о пойме. Здесь наряду с упомянутой схемой гидрологического режима, определением влияния поймы на русловые процессы, связанным с различными условиями взаимодействия пойменного и руслового потоков, выявлением роли поймы в транспорте наносов содержится обоснование схемы формирования аллювиальной толщи при продольном смещении русловых форм (излучин, островов). Это очень важное положение, позволяющее правильно трактовать несоответствие строения аллювия рельефу самого русла. По существу оно дополняет широко известную схему строения аллювия, в наиболее полном виде изложенную Е.В. Шанцером, но свойственную руслам с преимущественно поперечным смешением излучин и островов. К сожалению, сам Н.И. Маккавеев схему Е.В. Шанцера не рассматривал, вследствие чего внешне получалось преувеличение значения собственной схемы, что повлекло за собой обратный эффект в литературном ее признании. Преувеличивал также Н.И. Маккавеев роль эрозионных процессов в формировании рельефа пойм. Позднее он фактически отказался от такого подхода, поддержав другие представления, развиваемые его учениками, например А.В. Черновым [18], и связывающие рельеф поймы с развитием самого русла.

Остановимся еще на одном аспекте применения комплексного бассейнового подхода к изучению эрозионно-аккумулятивных процессов, который был заложен монографией Н.И. Маккавеева. Речь идет о новом направлении в исследовании россыпей и закономерностей россыпеобразования. Хотя в самой книге нет раздела об аллювиальных россыпях, именно идеи, изложенные в ней, послужили основой для обоснования гидролого-морфологического направления в геологии и геоморфологии россыпей. Это направление исходит и из теории единого эрозионно-аккумулятивного процесса, разработанной Н.И. Маккавеевым, и из серии экспериментальных работ [4, 5], и из натурных исследований россыпей в различных регионах.

До этих работ, проведенных в 60–80-х годах, россыпеобразование относилось к сфере геолого-геоморфологических интересов. Хотя в классической книге Ю.А. Билибина "Основы геологии россыпей" [19] и в последующих обобщающих монографиях о россыпях определенная роль отводится деятельности потока в формировании аллювиальных россыпей, до сих пор теория россыпеобразования развивается в рамках геолого-геоморфологического анализа. Вместе с тем накапливающиеся данные, указывающие на связь тех или иных особенностей россыпей с деятельностью потоков, требовали разработки концепции, отводящей стоку одно из ведущих мест в россыпеобразовании. Применение гидролого-морфологического учения Н.И. Маккавеева в теории россыпеобразования оказалось особенно плодотворным. Эффективность этого учения была продемонстрирована на примере выполненных под руководством Н.И. Маккавеева исследований механизма формирования ложковых россыпей с целью прогноза их коренных источников [20].

Рассматривая россыпь как составную часть речных наносов – продуктов деятельности комплекса процессов в бассейне реки, авторы подошли к анализу формирования россыпи с учетом особенностей транспорта россыпеобразующих частиц вначале по склонам, а затем после поступления их в русловую поток в зависимости от его режима и гидравлических параметров. Механизм транспорта наносов изучался с помощью моделирования в лаборатории экспериментальной геоморфологии Географического факультета МГУ. Получаемые результаты корректировались данными анализа строения природных россыпей, что дало возможность получить эмпирические формулы, отражающие дальность переноса частиц полезного минерала (хрусталь, металлы) от коренного источника в зависимости от величины денудационного среза и транспортирующей способности потоков. На основании этих исследований было введено понятие о генетических россыпеобразующих комплексах аллювия, которые

отражают строение россыпи и степень обработки потоком составляющих ее частиц. Стало возможным по нахождению в россыпи частиц, того или иного размера и степени обработки судить о местоположении коренного источника полезного компонента.

Для металлоносного типа россыпей, создаваемых частицами с большим удельным весом и малыми размерами, важно было установить, как эти их свойства влияют на транспорт и аккумуляцию в ходе смещения наносов в разных звеньях эрозионной сети. Помимо оценки роли склоновых процессов в этом механизме наибольший объем исследований был посвящен выявлению роли потока в формировании россыпи. Эти исследования выполнялись по двум направлениям: 1) изучение особенностей механической дифференциации частиц под влиянием водного потока с точки зрения установления диагностических признаков в генетических комплексах россыпеобразующего аллювия в связи со специфическими свойствами металлов; 2) поиск признаков в строении россыпи, позволяющих судить о процессе ее эволюции, степени сохранности полезного компонента и местоположении источника, питающего россыпь. При этом результаты экспериментов проверялись анализом строения натурных россыпей.

Выяснилось, что комплексы россыпесодержащего аллювия с возрастанием порядка водотока объединяют более мелкие по размерам ассоциации частиц полезных минералов, образование которых контролируется усложняющимся рельефом ложа потока, типом русла и т.п. Каждая ассоциация характеризуется свойственными ей признаками – морфологией в плане, соотношением частиц разной крупности и т.д.

При разработке классификации этих ассоциаций, названных за связь их с гидродинамическими особенностями потока генетическими, учитывался порядок водотока и тип русла [21]. Тот или иной генетический тип ассоциации опознается по строению россыпи, устанавливаемому по данным разведочной документации. Таким образом, было дано представление о структуре россыпи, создаваемой определенным набором концентраций полезного компонента, который, в свою очередь, определяется порядком водотока и типом его русла.

По результатам многочисленных экспериментов [22, 23] удалось выделить стадии развития россыпи в ходе ее эволюции и установить их диагностические признаки в зависимости от степени денудации коренного источника. Эти признаки используются в качестве критериев для прогноза сохранности источника.

В целом результаты исследований в сочетании с использованием успехов, достигнутых в теориях движения наносов и русловых процессов, легли в основу создания нового направления в теории россыпеобразования, базирующегося на учете закономерностей в деятельности потока. Это позволяет проводить более тонкий анализ структуры россыпей, что способствует повышению эффективности поисковых работ. Такие возможности были заложены в созданном на основе учения Н.И. Маккавеева методе генетического анализа россыпей, позволяющего давать рекомендации по их поиску, разведке, прогнозу коренных источников и ряду других практических вопросов. Кроме того, изучение особенностей строения аллювиальных россыпей, формирующихся преимущественно в горных и полугорных водотоках низких и средних порядков со слабоисследованным русловым режимом, позволило получить новые данные о механизме формирования в таких водотоках наносов и разных типов русел им свойственных.

Все сказанное выше показывает, что роль идей Н.И. Маккавеева, изложенных в его монографии 1955 г., не ограничивается только развитием теории и практики русловых и эрозионных процессов. Этой книгой и последующими работами Н.И. Маккавеева и его учеников заложены основы новых комплексных направлений в гидрологии, геоморфологии, динамической геологии. Если оценивать концептуальный подход Н.И. Маккавеева в целом, то можно сказать, что им разработаны основы теории и методологии анализа глобального, регионального и локального экзоморфолитогенеза.

1. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 346 с.
2. Мещеряков Ю.А. Н.И. Маккавеев. Русло реки и эрозия в ее бассейне (Рецензия) // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1956. № 2. С. 140–143.
3. Маккавеев Н.И., Хмелева Н.В., Заитов И.Р., Лебедева Н.В. Экспериментальная геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1961. 194 с.
4. Экспериментальная геоморфология. Вып. II. М.: Изд-во МГУ, 1969. 178 с.
5. Экспериментальная геоморфология. Вып. 3. М.: Изд-во МГУ, 1978. 142 с.
6. Маккавеев Н.И. Денудационная составляющая баланса вещества в системе океан – суша и ее роль в формировании пенепленов // Водн. ресурсы. 1982. № 3. С. 147–155.
7. Маккавеев Н.И. Образование глобального пенеплена // Основные направления развития геоморфологической теории. Новосибирск: СО АН СССР, 1982. С. 88–91.
8. Маккавеев Н.И. О формировании пенепленов // Вести. МГУ. Сер. V. География. 1982. № 1. С. 20–24.
9. Тимофеев Д.А. Средние скорости денудации и глобальный пенеплен // Современное экзогенное рельефообразование, его изучение и прогноз. М.: Моск. ф-л Геогр. о-ва СССР, 1984. С. 58–67.
10. Агафонов Б.П. Прерывистая денудация // Геология и геофизика. 1982. № 9. С. 119–121.
11. Скоморохов А.И. О некоторых положениях теории эрозийного рельефообразования // Геоморфология. 1985. № 2. С. 34–41.
12. Маккавеев Н.И. Сток и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1971. 115 с.
13. Борсук О.А., Спасская И.И. Некоторые аспекты приложения системного анализа в геоморфологии // Актуальные проблемы теоретической и прикладной геоморфологии. М.: Моск. ф-л Геогр. о-ва СССР. 1976. С. 93–102.
14. Симонов Ю.Г. Анализ геоморфологических систем // Актуальные проблемы теоретической и прикладной геоморфологии. М.: Моск. ф-л Геогр. о-ва СССР, 1976. С. 69–92.
15. Черванев И.Г. Структурный анализ рельефа: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М.: 1979. 45 с.
16. Асеев А.А., Никифоров Л.Г., Симонов Ю.Г., Тимофеев Д.А. Основные законы геоморфологии // Проблемы теоретической геоморфологии. М.: Наука, 1988. С. 90–110.
17. Великанов М.А. Движение наносов. М.: Речиздат, 1948. 235 с.
18. Чернов А.В. Геоморфология пойм равнинных рек. М.: Изд-во МГУ, 1983. 197 с.
19. Билибин Ю.А. Основы геологии россыпей. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 471 с.
20. Маккавеев Н.И., Хмелева Н.В., Калинин А.М. Анализ вещественного состава ложковых россыпей пьезокварца для прогноза их коренных источников // Поисковая геоморфология. М.: Географгиз, 1973. С. 143–154.
21. Хмелева Н.В., Виноградова О.В., Маорс Л.В. Генетические комплексы россыпесодержащего аллювия и их морфогенез // Эрозия почв и русловые процессы. № 9. М.: Изд-во МГУ, 1983. С. 110–118.
22. Хмелева Н.В., Ивочкина Л.Г., Елисеєва О.А. О связи строения аллювиальных россыпей с денудационным срезом и формой коренных источников (результаты экспериментальных исследований) // Геоморфология. 1981. № 1. С. 23–31.
23. Ивочкина Л.Г. О дальности переноса мелкого и весьма мелкого золота (экспериментальные исследования) // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1987. № 3. С. 71–76.

Институт географии РАН,
Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
16.06.95

"RIVER CHANNEL AND EROSION WITHIN ITS BASIN" AFTER A LAPSE OF 40 YEARS

D.A. TIMOFEEV, N.V. KHEMELEVA, R.S. CHALOV

S u m m a r y

The paper discusses the importance of thoughts of N.I. Makkaveev stated in his monograph "River channel and erosion within its basin" (published about 40 years ago) for the development of geomorphology. The concept of united erosional-depositional process and the hydromorphic approach to studies of fluvial landforms and drainage basins gave rise to new branches in geomorphology, hydrology, physical geography, and theory of placer formation. Thoughts of N.I. Makkaveev have received wide acceptance in channel studies, investigations of erosion, and fluvial geomorphology.