

**А.Т. БАРАБАНОВ**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), Волгоград, Российская Федерация

## **ТЕОРИЯ РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЯ КАК ОСНОВА ЭРОЗИОННО-ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ МЕЛИОРАЦИИ**

*Анализируются многолетние результаты исследования эрозионно-аккумулятивных процессов. Дается обоснование необходимости различать древнюю и современную (антропогенную) эрозию, связи древней эрозии с деятельностью ледников в ледниковую эпоху; учитывать роль древесной и травянистой растительности в развитии эрозионно-гидрологического процесса и ведущую роль в эрозионно-аккумулятивном процессе плоскостной эрозии почвы по сравнению с овражной. Создана оригинальная теория рельефообразования. В ней показано, что современный рельеф является результатом единого эрозионно-аккумулятивного процесса. Она описывает процесс формирования склонов и покровных лёссовых пород. В ней излагается генезис лёссовых отложений, даются научные основы формирования в лесостепи растительности и почв и обосновывается это литологическим строением почвогрунтов. Приуроченность их к различным территориям объясняется различной влагоемкостью слоистых литологически неоднородных и мощных, более однородных толщ. Форма склонов, образовавшаяся в результате эволюции в ходе эрозионно-аккумулятивного процесса, является адекватным выражением этого процесса и выражается логистическим уравнением. Излагаются новые теоретические положения, которые изменяют наши представления о закономерностях эрозионно-гидрологических процессов, формулируется закон лимитирующих факторов весеннего стока, приводится методика его прогноза, обеспечивающая расчет стока с сельскохозяйственных угодий с высокой точностью – 80-100%. Это позволяет более правильно оценить ситуацию перед весенним паводком и принять меры по его регулированию.*

*Рельефообразование, эрозионно-гидрологический процесс, эрозионно-аккумулятивный процесс, генезис почв, поверхностный сток, эрозия почв.*

**Введение.** Рельеф местности является одним из главных факторов эрозионного процесса, поэтому на разработку теории рельефообразования было направлено большое внимание ученых. Начало исследованиям поверхностного стока и рельефообразования было положено во время деятельности экспедиции под руководством В.В. Докучаева в южных районах России, главным образом в Каменной Степи. Приоритет теоретического рассмотрения вопросов рельефообразования, принадлежит В.В. Докучаеву. Однако он не выявил различий между современными и древними элементами рельефа [1]. Важное значение имели и работы П.А. Костычева [2] о роли естественной (целинной) травянистой растительности в образовании «настоящих» оврагов антропогенного происхождения. Он полагал, что на целине овраги не образуются, в отличие от пахотных земель. Огромный вклад в разработку теории

рельефообразования внесли А.С. Козменко [3] и Г.П. Сурмач [4] во время работы во Всесоюзном (затем Всероссийском) научно-исследовательском институте агролесомелиорации (ВНИАЛМИ).

**Результаты и обсуждение.** Разработкой вопросов рельефообразования, отложения покровных пород, а в связи с этим почвообразования в результате эрозионно-гидрологического и эрозионно-аккумулятивного процессов занимались многие ученые [5-9]. На начальной стадии исследования особое внимание уделялось размыву (оврагообразованию) и значительно меньше – изучению стока талых и ливневых вод и смыва почв. Эрозионно-аккумулятивный процесс сильно зависит от наличия и состояния травянистой растительности на почве, а в лесных насаждениях – от мощности и состояния лесной подстилки. Теоретические аспекты эрозионно-гидрологического процесса, кроме упомянутых исследований

В.В. Докучаева и П.А. Костычева, рассматривались в работах [3-5 и др]. А.С. Козменко выработал основу теории рельефообразования и систематизировал взгляды на эрозионно-аккумулятивный процесс [10]. Он впервые обоснованно выделил древние и современные процессы эрозии и увязал формирование древних эрозионных образований с наступлением и отступлением ледников на равнине, а современной эрозии – с хозяйственной деятельностью людей, в первую очередь с сельскохозяйственной. Он придавал большое значение травянистой и лесной растительности как фактору эрозии и впервые определил ведущую роль смыва почвы по отношению к оврагообразованию при проявлении эрозионно-гидрологического процесса.

Теорию А.С. Козменко успешно развивал Г.П. Сурмач. Им создана логико-графическая модель рельефообразования. Она показывает, что формирование склонов и покровных лёссовых пород происходило в результате единого эрозионно-аккумулятивного процесса в четвертичный период на Русской равнине. В результате исследований в Самарском Заволжье, на Среднерусской и Приволжской возвышенностях и в других регионах он воссоздал ход эрозионно-аккумулятивного процесса. Он научно обосновал с позиций рельефообразования формирование в лесостепи травянистой и лесной растительности, а также черноземных и серых лесных почв. Он, по сути, решил, проблему, которая в течение целого столетия не получала положительного решения.

В.В. Докучаев [1] связывал существование лесостепи с естественными физическими особенностями страны и отмечал нерешённость проблемы. По этой проблеме проходила дискуссия, в которой приняли участие крупнейшие учёные – почвоведы, географы, геоботаники. Е.М. Лавренко и А.В. Прозоровский [11] на основе обобщения взглядов ряда учёных сгруппировали причины безлесья степей в 7 групп: сведение лесов людьми; недостаток влаги при большом испарении; засоленность почвогрунтов; мелкозёмистость почв; слабый дренаж на равнинном рельефе; вытеснение лесами степных фитоценозов; поселение дубового леса на степных почвах, чернозёмах и постепенное превращение их в сильнооподзоленные лесные суглинки, малопригодные для существования леса,

в связи с чем дубовый лес постепенно исчезает, заменяясь степной растительностью, которая способствует превращению лесного суглинка снова в чернозём, на последнем снова поселяется лес, вытесняя степную растительность и т.д.

Г.П. Сурмач подчеркивал, что ни одна из причин не объясняет такое распределение растительности и почв в лесостепи. Он писал [4, с. 56], что «основная причина указанного распределения лесов и степей лесостепи коренится в особенностях литологической (гидрогеологической) основы территории (литологического строения пород), которая возникла в ходе циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов (рельефо- и лёссовобразования) в четвертичный период геологической истории Земли. При формировании почвенно-растительных зон в голоцене леса расселились:

а) на территориях с маломощным литологически неоднородным, слоистым лёссовым покровом;

б) на площадях с маломощным ярусом типичного лёсса, подстилаемого породами более водоупорного второго яруса на небольшой глубине или водоупорными коренными породами (например, меловым мергелем);

в) на участках с двучленным строением профиля при залегании сверху маломощного в ряде случаев неоднородного суглинка, представляемого водоупорной, например красно-бурой глиной;

г) на слоистом элювии-делювии коренных пород. Во всех случаях верхняя корнеобитаемая толща пород обладает высокой общей влагоёмкостью и повышенными запасами легкодоступной для растений влаги. Здесь образовались серые лесные почвы.

Степная травянистая растительность покрыла участки лесостепи с более мощной толщей однородного лёсса, отличающейся пониженными влагоемкостью и диапазоном активной влаги и, следовательно, меньшими запасами продуктивной влаги в корнеобитаемом слое, ибо просачивающаяся атмосферная влага недостаточно задерживается в этом слое, легко сбрасывается вглубь. На них сформировались чернозёмы. Промежуточные по характеру гидрологических условий территории стали ареной наиболее ожесточённой борьбы между лесом и степью».

Такое распределение связано с тем, что в ходе рельефообразования и отложения

лѣссов пониженные участки территории на равнинах, более древние эрозионные выработки и пониженные пологие склоны в пределах возвышенностей покрылись мощной толщей относительно однородных суглинистых или тяжелосуглинистых отложений. На более крутых и высоких склонах возвышенностей сформировались лѣссы малой мощности, отличающиеся значительной слоистостью и неоднородностью литологического строения. Слоистые отложения с чередованием прослоек различного гранулометрического состава обладают повышенной общей влагоемкостью и значительно большим содержанием легкодоступной для растений влаги по сравнению с однородными грунтами. Слоистые грунты, ввиду действия менисковых сил, представляют собой намного большее препятствие для просачивания воды вглубь, чем однородные. К тому же под маломощным лѣссовым плащом залегают слоистые песчано-глинистые отложения мощностью около 1,0-2,5 м, образовавшиеся в раннее четвертичное время, которые являются водоупором, способствующим формированию верхнего горизонта грунтовой воды или верховодки. В результате возникли существенно отличающиеся между собой гидрогеологические условия, что определило соответствующее распределение древесной (лесной) и травянистой (степной и луговой) растительных формаций, а, следовательно, и генезис почв.

Таким образом, Г.П. Сурмач аргументировано обосновал распределение растительности и почв в лесостепи различной влагоемкостью слоистых и однородных почвогрунтовых толщ. Связь распространения лесов с неоднородным литологическим строением корнеобитаемой и подстилающей толщи почвогрунта, а степей с мощной однородной толщей лѣсса является всеобщей. Кроме лесостепной зоны лес продвинулся по суходольной гидрографической сети далеко в сухую степь и даже в полупустыню. Распространение байрачных (балочных) лесов связано с особенностями литологического строения пород, а также с повышенным увлажнением берегов балок за счет снега и грунтового подтока влаги. Лес иногда выходит из балок по ложбинам на склоны, где залегают близко от поверхности или выклиниваются песчано-глинистые образования при наличии водоупоров. Однако

на берегах балок, сложенных мощными лѣссовыми отложениями, лес не поселялся, и под луговой растительностью образовались чернозѣмы.

Итак, рассмотрение процесса рельефообразования и отложения лѣссов, как единого эрозионно-аккумулятивного процесса позволило Г.П. Сурмачу решить такую важную проблему распределения в лесостепи лесов и степей, как образование черноземов и серых лесных почв. Эта теория также объясняет произрастание в степной зоне лесов на водоразделах и в суходольной гидрографической сети (байрачные леса). Она помогает теоретически осмыслить грандиозные процессы эрозионного разрушения возвышенностей и формирования лѣссовых пород (коры выветривания), т.е. литогенной основы современных ландшафтов, а также более полно и правильно оценить большую роль растительности (биологический фактор) в рельефообразовании. Наиболее глубокое понимание причинно-следственных связей и результатов взаимодействия различных факторов при циклическом развитии эрозионно-аккумулятивных процессов открывает перспективу направленного регулирования этих процессов в условиях хозяйственной деятельности, более продуктивного использования земель и более правильного подхода к охране окружающей среды.

Сделанные им разработки помогают выявить особенности формирования грунтовых вод на участках с сетью лесных полос. При гидрогеологическом обследовании территории можно прогнозировать характер формирования нового верхнего горизонта воды или устойчивой верховодки при проектировании противоэрозионного комплекса, предвидеть возможность продвижения грунтового потока вниз по склону, а также выклинивание его и использования этой воды растениями. На серых лесных почвах более благоприятные условия для продвижения грунтового потока от лесных полос вниз по склону, чем на чернозѣмах. При наличии мощной толщи однородного лѣсса вода просачивается преимущественно вертикально вниз.

Развитие теории Г.П. Сурмача продолжил его ученик, доктор сельскохозяйственных наук Е.А. Гаршинев [12]. Он доказал, что современная форма склонов является отражением хода эрозионно-аккумулятивного процесса, и предложил математическое

уравнение, описывающее разные формы склонов.

Наряду с успешной разработкой вопросов теории рельефообразования во ВНИАЛМИ в лесостепной и степной зонах европейской части РФ проведены многолетние (свыше 60 лет) исследования эрозионно-гидрологических процессов. Обобщение этих данных позволило автору [10] по-новому подойти к оценке теоретических положений формирования поверхностного стока, трактовать характер впитывания талой воды в почву, разработать новые математические модели. Была выявлена зависимость стока от глубины промерзания почвы, ее влажности и снегозапасов. Доказано, что на величину поверхностного стока

в значительной степени влияют только эти факторы.

На основе анализа этого большого материала открыт закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод. Формулируется он так: **«При некотором (лимитирующем) значении одного из трех факторов (снегозапасы, увлажнение и глубина промерзания почвы) сток не формируется независимо от уровня двух других»**. Он позволил создать методике высокоточного прогноза поверхностного стока (имеется патент) [13]. Общая схема прогноза приведена в таблице. В ней приводится алгоритм анализа природных факторов и их уровней, при которых сток формируется или отсутствует.

Таблица

**Общая схема прогноза поверхностного стока талых вод**

Глубина промерзания почвы, см	Факторы стока		Наличие/отсутствие стока
	запасы воды, мм		
	в почве	в снеге	
Меньше 50	Любой	Любые	Стока нет
Больше 50	Меньше 70-120 (по зонам)	Любые	Стока нет
Больше 50	Больше 70-120 (по зонам)	Меньше объема микрорельефа	Стока нет
Больше 50	Больше 70-120 (по зонам)	Больше объема микрорельефа	Сток есть. Он зависит от запасов воды в снеге и почве

Сначала анализируется уровень глубины промерзания почвы. Если он меньше 50 см, то сток на сельскохозяйственных угодьях не сформируется. При глубине промерзания почвы больше 50 см необходимо рассматривать уровень увлажнения почвы. Если запасы воды в слое почвы 0-50 см меньше 70-120 мм (по зонам), то стока также не будет при любых снегозапасах. Тогда анализируется уровень запасов воды в снеге. Если они очень маленькие (меньше объема микрорельефа), то сток не формируется даже при глубине промерзания почвы больше 50 см и запасах воды в ней больше 70-120 мм. При уровнях факторов выше лимитирующих сток всегда формируется, и величина его зависит от запасов воды в снеге и почве.

### Выводы

Разработанная учеными ВНИАЛМИ оригинальная теория рельефообразования, объясняющая формирование современного рельефа, литологического строения толщи

покровных лессовых пород, закономерности распространения древесной и травянистой растительности, а также генезиса серых лесных и черноземных почв и их приуроченности к различным территориям в лесостепи, помогает теоретически осмыслить литогенную основу современных ландшафтов, более полно и правильно оценить роль растительности как биологического фактора в регулировании эрозионно-гидрологического процесса, позволяет более глубоко понять причинно-следственные связи и взаимодействие факторов эрозионно-аккумулятивного процесса, что открывает перспективу его регулирования в условиях антропогенной деятельности и рационального использования сельскохозяйственных земель. Она позволяет лучше понять ландшафтные особенности территории и использовать их при разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Полученные знания о закономерностях формирования позволили по-новому подойти к оценке теоретических

положений формирования поверхностного стока, трактовать характер впитывания талой воды в почву, разработать новые математические модели и методику высокоточного прогноза стока. Установлена связь стока талых вод с глубиной промерзания почвы, ее влажностью и снегозапасами. Доказано, что на величину поверхностного стока в значительной степени влияют только эти факторы.

#### Библиографический список

1. Докучаев В.В. Овраги, их происхождение и деятельность. Избр. соч. – М.: Сельхозиздат, 1954. – С. 543-560.
2. Костычев П.А. Почвы чернозёмной области России, их происхождение, состав и свойства. Ч. I. – Л.: Изд-во АН СССР, 1951. – 156 с.
3. Козменко А.С. Борьба с эрозией почв. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 229 с.
4. Сурмач Г.П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия. – Волгоград: Ниж. – Волж. кн. изд-во, 1992. – 174 с.
5. Щукин И.С. Общая геология. Т. I. – М.: Изд-во МГУ, 1960. – 616 с.
6. Зорина Е.Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. – М.: ГЕОС, 2003. – 168 с.
7. Рожков А.Г. Борьба с оврагами. – М.: Колос, 1981. – 199 с.
8. Шабаев А.И. Избранные труды. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное

земледелие. – Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮВ», 2017. – 648 с.

9. Косов Б.Ф. О зональности явлений овражной эрозии европейской части СССР // Почвоведение. – 1960. – № 8. – С. 25-31.

10. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 188 с.

11. Лавренко Е.М., Прозоровский А.В. Растительность европейской части СССР / Почвы СССР. Т. I. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1939. – С. 101-156.

12. Гаршинев Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс. Теория и модели. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 196 с.

13. Пат. 2347222 РФ, А01В13/16, G01N33/24. Способ прогнозирования поверхностного стока талых вод / Барабанов А.Т., Гаршинев Е.А., Кулик К.Н. (РФ); заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИАЛМИ. – № 2009126879/12; заявл. 24.07.2006; опубл. 20.02.2009, Бюл. № 5. – 3 с.

Материал поступил в редакцию 24.05.2019 г.

#### Сведения об авторе

**Барабанов Анатолий Тимофеевич**, доктор с.-х. наук, заведующий лабораторией защиты почв от эрозии, ФНЦ агроэкологии РАН; 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97; e-mail: a.barabanov2011@yandex.ru

#### A.T. BARABANOV

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd, Russian Federation

## THEORY OF RELIEF FORMATION AS A BASIS OF EROSION – HYDROLOGICAL PROCESS AND EROSION CONTROL RECLAMATION

*The long-term results of the study of erosion-accumulative processes are analyzed. There is given a substantiation of the necessity to distinguish between ancient and modern (anthropogenic) erosion, connections of ancient erosion with the activities of glaciers during the glacial phase; to consider the role of woody and herbaceous vegetation in the development of erosion-hydrological process and a leading role in the erosion-accumulative process of plane erosion compared with the gully erosion. The original theory of relief formation was created. It shows that the modern relief is the result of a single erosion-accumulative process. It describes the process of formation of slopes and cover loess rocks. It sets out the Genesis of loess deposits, gives a scientific basis for the formation of forest-steppe vegetation and soils and it is justified by the lithological structure of soils. Their confinement to different areas can be explained by different water content of layered heterogeneous lithological and powerful more homogeneous strata. The shape of the slopes formed as a result of evolution in the course of the erosion-accumulative process is an adequate expression of this process and is expressed*

by the logistic equation. New theoretical principles are set out that change our understanding about the patterns of erosion and hydrological processes, the law is formulated regarding limiting factors of the spring runoff, there is given a technique of the forecast providing calculation of the runoff from agricultural lands with a high accuracy 80-100%. This makes it possible to more correctly assess the situation before the spring flood and take measures to regulate it.

*Relief formation, erosion-hydrological process, erosion-accumulative process, soil Genesis, surface runoff, soil erosion.*

### References

1. **Dokuchaev V.V.** Ovrage, ih proichozhdenie i deyatelnost. Izbr. – M.: Selkhozizdat, 1954. – S. 543-560.
2. **Kostychev P.A.** Pochvy chernozemnoj oblasti Rossii, ih proiskhozhdenie, sostav i svoistva. Ch.I. – L.: Izd-vo AN SSSR, 1951. – 156 s.
3. **Kozmenko A.S.** Borjba s eroziyey pochv. – M.: Selkhozgiz, 1954. – 229 s.
4. **Surmach G.P.** Reljefoobrazovanie, formirovanie lesostepi, sovremennaya eroziya i protivoroziyonye meropriyatija. – Volgograd: Nizh. – Volzh. kn. izd-vo, 1992. – 174 s.
5. **Shchukin I.S.** Obshchaya geologiya. T. I. – M.: Izd-vo MGU, 1960. – 616 s.
6. **Zorina E.F.** Ovrazhnaya eroziya: zakonmernosti i potentsial razvitiya. – M.: GEOS, 2003. – 168 s.
7. **Rozhkov A.G.** Borjba s ovragami. – M.: Kolos, 1981. – 199 s.
8. **Shabaev A.I.** Izbrannye trudy. Eroziya pochv i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. – Saratov: FGBNU «NIISHYUV», 2017. – 648 s.
9. **Kosov B.F.** Ozonalnostiyavlenijovrazhnoj erozii evropejskoj chasti SSSR // Pochvovedenie. – 1960. – № 8. – S. 25-31.
10. **Barabanov A.T.** Eroziyonno-gidrologicheskaya otsenka vzaimodejstviya prirodnyh i antropogennyh faktorov formirovaniya poverhostnogo stoka talyh vod i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. – Volgograd: FNTS agroekologii RAN, 2017. – 188 s.
11. **Lavrenko E.M., Prozorovsky A.V.** Rastitelnost evropejskoj chasti SSSR / Pochvy SSSR. T. I. – M.–L.: Izd-vo AN SSSR, 1939. – S. 101-156.
12. **Garshinev E.A.** Eroziyonno-gidrologicheskij protsess. Teoriya i modeli. – Volgograd: VNIALMI, 1999. – 196 s.
13. Pat. № 2347222 A01B13/16, G01N33/24 Sposob prognozirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod / Barabanov A.T. (RF), Garshinev E.A. (RF), Kulik K.N. (RF); zayavitel GNU VNIALMI. – № 2009

The material was received at the editorial office 24.05.2019 g.

### Information about the author

**Barabanov Anatolij Timofeevich**, doctor of agricultural sciences, head of the laboratory of soil erosion protection, Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»; (FSC of Agroecology RAS). Volgograd, Russian Federation, pr. Universitetsky, 97; e-mail: a.barabanov2011@yandex.ru