

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ЭРОЗИИ ВО ВРЕМЕНИ И В ПРОСТРАНСТВЕ

В.И. Савич, д.с.-х.н., В.Н. Гукалов, к.б.н., Б.А. Мансуров, РГАУ-МСХА

Предлагается оценка развития эрозии во времени и в пространстве с учетом свойств почв и протекающих почвообразовательных процессов. Показано, что при действии на почву факторов, определяющих эрозию, проявляются синергизм и антагонизм, в том числе и при совместном проявлении водной и ветровой эрозии в разные периоды года. Экологические убытки при развитии эрозии определяются не только потерей урожая и снижением плодородия почв, но и уменьшением числа степеней свободы сельскохозяйственного использования почв, экологическими изменениями, увеличением энтропии системы.

Ключевые слова: водная эрозия, ветровая эрозия почв, почвообразовательные процессы, экологическое равновесие в системе агроландшафта.

Развитие водной и ветровой эрозии почв – актуальная проблема [1-3]. Изучению особенностей развития эрозии в разных почвенно-климатических зонах посвящено значительное количество фундаментальных исследований [4-6]. Ряд авторов предлагает достаточно точные алгоритмы описания и прогноза развития эрозии в зависимости от факторов, ее определяющих, и математическое описание этих процессов.

В то же время, развитие эрозии почв сочетается с другими процессами их деградации, с протеканием определенных почвообразовательных процессов. В ряде территорий в отдельные периоды наблюдаются и водная, и ветровая эрозия и разные их формы. Особенности развития указанных процессов во времени и в пространстве изучены недостаточно.

Объект исследования – почвы разной степени эродированности: дерново-подзолистые почвы Московской области [7], черноземы обыкновенные карбонатные Краснодарского края [8], каштановые почвы Казахстана [9] и Тувы [10], почвы вертикальной зональности Таджикистана. При исследовании применяли традиционные методы анализа эродированных почв.

Развитие эрозии сопровождается уменьшением биопродуктивности угодий, ухудшением агрономически важных свойств почв, нарушением экологического равновесия. Однако, степень проявления этих процессов неодинакова на разных типах почв, для отдельных культур и зависит от экологического состояния агроландшафтов.

В таблице приведено содержание элементов питания в обыкновенных черноземах на разных элементах ландшафта [8].

Содержание элементов питания в обыкновенных черноземах на разных элементах рельефа (A_n), мг/кг

| Элемент рельефа | Гумус, % | NO_3 | NH_4 | NO_3/NH_4 | P_2O_5 | pH |
|-----------------------|----------|--------|--------|-------------|----------|-----|
| Северное плато | 3,4 | 15,5 | 27,5 | 0,56 | 34,5 | 8,5 |
| Южное плато | 3,1 | 20,4 | 22,9 | 0,89 | 44,0 | 8,5 |
| Северный склон | 3,3 | 14,1 | 44,1 | 0,32 | 33,0 | 8,5 |
| Южный склон | 3,4 | 20,0 | 33,3 | 0,60 | 28,5 | 8,5 |
| Аккумулятивный рельеф | 4,3 | 18,6 | 33,3 | 0,56 | 119,0 | 8,5 |

Как видно из представленных данных, наибольшее содержание гумуса и подвижных форм фосфатов в почве аккумулятивного рельефа. Однако, на склоне даже несколько больше гумуса, чем на плато, что обусловлено большой мощностью гумусового слоя (> 1 м) исследуемых черноземов. На склонах несколько меньше гумуса, чем на плато. В то же время, на содержание элементов в почвах влияет и экспозиция склона. Так, на лучше прогреваемых южных склонах и на южном плато больше содержание NO_3 , шире отношение NO_3 к NH_4 .

По полученным данным [9], при развитии эрозии почв существенно изменяются как гранулометрический состав, так и агрохимические свойства почв. Так, в каштановой почве Тувы при отсутствии эрозии, при средней и сильной эродированности почв содержание илистой фракции в слое 0-20 см составляло, соответственно, 7,3; 5,6 и 0,8%, содержание гумуса 2,5; 1,4 и 0,5%; содержание валового азота – 0,12, 0,09 и 0,03%; валового и подвижного фосфора – 0,11; 0,06; 0,04% и 20,0; 14,0; 10,0 мг/100 г почвы. Для рассматриваемых граций степени эродированности содержание валовых и подвижных форм K_2O составляло, соответственно, 2,8; 1,5 и 0,6%; 28,5; 20,5 и 5,0 мг/100 г почвы.

При развитии эрозии на черноземах в пахотный горизонт вовлекаются слои почв, даже более гумусированные и более плодородные, чем верхний горизонт на несмытых почвах. В дерново-подзолистых почвах при их эродированности в пахотный слой вовлекается горизонт A_2 , как правило, кислый, обедненный биофильными элементами, бесструктурный. Очевидно, что влияние степени эродированности почв на урожай сельскохозяйственных культур на этих почвах будет различным.

При оценке влияния эрозии на биопродуктивность угодий и плодородие почв большое значение имеют и свойства более глубоких слоев почвенного профиля. Так, например, при развитии эрозии на дерново-подзолистых остаточных карбонатных или на серых лесных почвах ближе к поверхности подходит карбонатный горизонт. Это сопровождается повышением плодородия почв и на выровненных участках увеличением урожая. В ряде случаев эродированные почвы лучше окультурены, что также способствует повышению урожая сельскохозяйственных культур на них. Так как совокупность свойств почв разной степени эродированности различается, то и модели плодородия для них должны различаться.

При оценке экономических потерь от эрозии учитывают уменьшение урожая возделываемых культур и потери массы почвы. Однако для разных культур потери на эродированных почвах будут различаться, они существенно меняются в зависимости от доз применяемых удобрений и погодных условий. На разных почвах эти экономические убытки также будут существенно различаться.

Развитие эрозии приводит к уменьшению числа степеней свободы сельскохозяйственного использования

земель и применения всех звеньев систем земледелия. При этом ухудшается экологическое состояние водной и воздушной сред, биоты. Влияние развития эрозии на плодородие почв не может быть оценено только по смыву почв, уменьшению степени гумусированности, содержанию NPK и т.д. Происходит существенное ухудшение всех свойств, процессов и режимов почв на разных элементах ландшафта. С энергетической точки зрения это сопровождается увеличением энтропии системы, снижением накопления ею внутренней энергии, уменьшением КПД использования системой почва-растение солнечной и антропогенной энергии. В связи с тем, что эродированные почвы обладают меньшим плодородием по сравнению с не деградированными аналогами, доход от применения удобрений на них в % от исходного урожая выше, но на 1 га ниже, что связано с более низкой урожайностью.

Развитие эрозии протекает во времени и в пространстве, и ее очаги сначала возникают локально во времени и в пространстве. Так, по полученным данным, на почвах Кизлярских пастбищ Дагестана и в Туве развитие ветровой эрозии происходит локально во времени на каштановых почвах при сочетании недостатка влаги, высоких температур и скорости ветра более 11 м/с весной при слабом развитии растительного покрова. В дальнейшем условия для развития растений улучшаются, но появившаяся эродированность почв препятствует их росту. Локально в пространстве это возникает на компонентах структуры почвенного покрова более легкого гранулометрического состава, при более глубоком залегании грунтовых вод, на ветроударных склонах и компонентах микрорельефа, при деградации почв за счет антропогенного воздействия. Проведение мероприятий по предотвращению эрозии в этот период менее затратно и более эффективно.

В ряде случаев в почвах в разные периоды года протекает водная и ветровая эрозия, а также развиваются другие факторы деградации почв, влияющие на развитие зональных почвообразовательных процессов. Так, в условиях Таджикистана ранней весной наблюдается водная эрозия, а летом – ветровая. Аналогичная ситуация возникает на черноземах Краснодарского края. Как правило, на одних и тех же почвах только в разное время протекают линейная, плоскостная и ирригационная эрозия, дефляция и пыльные бури.

Развитие эрозии усиливается при обеднении почв элементами питания, что наблюдается, например, на каштановых почвах Кизлярских пастбищ Дагестана и Тувы и при дозе внесения минеральных удобрений менее 1 кг/га. Развитие эрозии усиливается при засолении почв, их загрязнении и т.д. С нашей точки зрения, при математическом описании эрозии и ее прогнозировании эти факторы необходимо учитывать.

В проведенных совместно с Х.А. Амергужиным исследованиях [10] развитие водной эрозии в Северном Казахстане зависело от глубины расчленения рельефа и проявлялось при уклоне 1^0 , а не более 2^0 как в Московской области, но при большей длине склона (до 1000 м), по сравнению с длиной склона в Московской области (50-100 м). Так, при глубине расчленения рельефа $14,5 \pm 2,7$ м степень развития эрозии $< 5\%$, а при глубине расчленения рельефа $47,5 \pm 13,8$ м она составляла 25-50%.

В соответствии с существующими закономерностями, деградация одного компонента ландшафта уменьшает устойчивость к деградации других компонентов.

Сочетание нескольких видов деградаций уменьшает устойчивость почв к каждому из них, т.е. проявляются эффекты синергизма. Однако существуют и антагонистические эффекты влияния на почву двух деградационных процессов. Так, осолонцевание почв уменьшает степень развития ветровой эрозии.

Согласно проведенным исследованиям в Таджикистане, целесообразно выделить отдельно эрозию на солончаках, которая приводит не только к резкому снижению плодородия эродированных почв, но и к возникновению солевых кор в пониженных элементах рельефа.

На основании исследований считаем необходимым ввести в алгоритмы описания развития эрозии почв (У) дополнительные параметры (Х): $Y = \sum k_i X_i^n$, где k_i – степень влияния параметра X_i на развитие эрозии, n – коэффициент, указывающий, в первом приближении, на экспоненциальный характер зависимости. При этом Y и X_i следует рассматривать на нескольких иерархических уровнях. Так, развитие эрозии Y определяется миграцией илестых и пылеватых частиц с водной и ветровой эрозией, ухудшением водно-физических и агрохимических свойств почв и т.д. В свою очередь, каждый из этих параметров – есть функция показателей более низкого иерархического уровня.

$$Y = \sum k_i X_i^n.$$

Аналогичным образом описываются и факторы, вызывающие эрозию почв. Так, показатель увлажнения характеризуется количеством выпадающих осадков, их интенсивностью, монотонностью или периодичностью, периодом выпадения по сезонам года, сочетанием с температурным режимом, развитием растений и т.д.

$$Y = \sum k_i X_i^n.$$

Однако при одинаковой степени эродированности почв, но разных генезисе, гранулометрическом составе, на склонах разной экспозиции почвы по плодородию будут различаться. Необходима разработка локальных коэффициентов плодородия почв при развитии эрозии с учетом местных условий.

Как и влияние всех факторов деградации на свойства почв эффект их действия определяется интенсивностью влияния, продолжительностью действия, градиентом во времени и в пространстве, закономерной сменой действия во времени и в пространстве.

В алгоритмах и математических формулах, описывающих развитие эрозии, не учитываются эффекты синергизма и антагонизма взаимодействия между факторами. Очевидно, что предлагаемые коэффициенты не могут быть одинаковыми для всех почвенно-климатических, экологических и экономических условий.

С нашей точки зрения, при оценке деградации почв целесообразно различать: залповое и постепенное воздействие на почву, локальное и распространенное (во времени и в пространстве), одноразовое, повторяющееся и повторяющееся в определенной последовательности; однофакторное и многофакторное с проявлением эффектов синергизма и антагонизма.

Согласно проведенным исследованиям, в качестве факторов, определяющих развитие эрозии почв, целесообразно также учитывать: базис эрозии, влияние литологии, уровень грунтовых вод, степень развития на территории других деградационных процессов, загрязнение воздушной среды, геофизические поля Земли, взаимосвязи между компонентами ландшафта. Очевидно, необходимо также учитывать скорость протекающих процессов, их интенсивность, сопряженность с

другими почвообразовательными процессами и процессами деградации почв. Так, ученые [11] предлагают учитывать при оценке механической миграции вещества скорость процессов смыва (т/га в год), открытость миграционных систем, степень локализации зон аккумуляции веществ.

По полученным данным, среди факторов почвообразования в долиненной зоне Северного Таджикистана развитию эрозии способствуют только антропогенное воздействие и почвенный покров. В предгорно-низкогорной зоне рельеф, литология и антропогенные факторы создают максимальные предпосылки для развития эрозии, а климат и растительность препятствуют этому. В высокогорной зоне рельеф, растительность, климат создают наиболее благоприятные условия для развития эрозии, а литология – препятствует.

В разные периоды года и при разном сочетании внешних факторов почвообразования и деградации почв развиваются разные виды эрозии, для которых характерны свои математические зависимости Y от X_i , т.е. во времени зависимость Y от $\sum_k X_k$ изменяется. Различается она и на разных этапах деградации и в пространстве (в пределах структуры почвенного покрова).

По полученным данным, развитие эрозионных процессов должно характеризоваться трансформацией, миграцией и аккумуляцией вещества, энергии и информации. Следует выделять их зональность, фациальность, вертикальную зональность.

Приводимые в литературе уравнения регрессии, описывающие развитие эрозии в конкретных условиях, правомочны только в определенных лимитах независи-

мых переменных и их соотношений. Это же относится и к градациям степени эродированности. С нашей точки зрения, более правильно использовать базисные алгоритмы описания развития эрозии почв, уточняя величины коэффициентов влияния на деградацию почв независимых переменных в конкретных условиях.

Литература

1. *Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий.* - М.: Росинформагротех, 2005.- 784 с.
2. *Каиштанов А.Н., Явтушенко В.Е.* Агроэкология почв склонов.- М.: Колос, 1997.- 240 с.
3. *Кузнецов М.С., Глазунов Г.П.* Эрозия и охрана почв.- М.: МГУ, 1990.
4. *Кирюхина З.П. и др.* Смытые почвы; современное состояние и прогноз изменений.- М., 1993.
5. *Лопырев М.И.* Основы агроландшафтоведения.- Воронеж, 1995.- 181 с.
6. *Исаченко А.Г.* Оптимизация природной среды. Географический аспект.- М.; 1980.- 342 с.
7. *Савич В.И., Седых В.А., Раскатов В.А.* Экологические факторы стоимостной оценки земель.- М.: РГАУ-МСХА, 2011.- 280 с.
8. *Гукалов В.Н.* Трансформация валовых и подвижных форм тяжелых металлов в агроландшафтных системах.- Краснодар, 2014.- 219 с.
9. *Савич В.И., Жуланова В.Н., Кащенко В.С.* Агроэкологическая оценка почв Тувы (1970-2010 гг.).- М.: РГАУ-МСХА, 2012.- 440 с.
10. *Амергузин Х.А.* Агроэкологическая характеристика почв Северного Казахстана// Автореф. докт. дисс.- М., 2004.- 46 с.
11. *Жидкин А.П., Геннадиев А.Н.* Латеральная механическая миграция вещества и типы почвенных склоновых сопряжений// Мат. докл. 4-го съезда почвоведов.- Петрозаводск, 2012. Т. 3.- С. 438-439.

AGROECOLOGICAL ESTIMATION OF EROSION DEVELOPMENT IN TIME AND SPACE

V.I. Savich, V.N. Gukalov, B.A. Mansurov, Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences, ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia, E-mail: savich.mail@gmail.com

A procedure has been proposed for the assessment of erosion development in time and space depending on soil properties and soil-forming processes. It has been shown that the effect of factors determining the soil erosion cause the manifestation of synergism and antagonism, including the simultaneous development of water and wind erosion in different seasons. Ecological damages caused by erosion are determined not only by the loss of crops and reduction in soil fertility, but also by the decrease in the number of degrees of freedom of the agricultural use of soil, environmental changes, and the increase in the entropy of the system.

Keywords: water erosion, wind erosion of soil, soil-forming processes, ecological balance in the agrolandscape system.