

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОЧВ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТАХ

Ергина Е.И., Лисецкий Ф.Н.

В статье рассмотрены новые подходы к оценке регенерационных возможностей почв в естественных и антропогенных ландшафтах в зависимости от энергетических особенностей среды.

Ключевые слова: скорость почвообразования, антропогенные ландшафты, почвообразовательный потенциал среды.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ Противоречия и конфликты в отношениях человека и природы побуждают современную цивилизацию находить новые, коэволюционные пути развития, гармонизирующие отношения в триаде «природа-население-хозяйство». Для рационализации природопользования необходимо особое внимание уделять структурно-функциональным свойствам ландшафтов, которые обеспечивают их стабильность и саморегуляцию. Одной из актуальных проблем, возникающих в результате антропогенного воздействия на ландшафты, является упрощение структуры агроландшафтных систем, что приводит к нарушению принципа гетерогенности и устойчивости экосистем, снижению производительности и последующей деградации. В аграрно освоенных регионах к основному процессу, дестабилизирующему ландшафты, можно отнести распашку земель. Известно, что пашня является сильно разрушающим компонентом агроландшафта при интенсивном внесении минеральных удобрений, гербицидов, пестицидов и других чуждых естественным ландшафтам соединений, неумеренном орошении и загрязнении тяжелыми металлами. Сама почва при уничтожении естественного растительного покрова становится более подверженной разрушающим факторам, в первую очередь вследствие усиления поглощения солнечной радиации, что приводит к «сгоранию» гумуса, изменению почвенной структуры, ухудшению агрофизических, биологических и иных свойств. В результате изъятия из почвы органических веществ нарушается процесс естественного биогеохимического круговорота, снижается мощность гумусового горизонта, происходят процессы физико-механического сноса и выноса вещества в результате различных видов эрозии.

В Крыму значительные площади территории распашаны и подвержены эрозии. Особенно масштабны процессы распашки в Равнинном Крыму. Пахотные земли, подверженные эрозии, составляют 12,6% от общей площади всех сельскохозяйственных угодий. Наиболее широко эрозионные процессы представлены на угодьях Южного бережья (в районе Ялты – 100%, Алушты – 53,7%, Судака – 38,1%) и на территории таких административных районов, как Черноморского (45,1%), Бахчисарайского (45,5%), Белогорского (38,7%), Симферопольского (30,9), Раздольненского (27,5%), Первомайского (22,9), Сакского (21,8%). По материалам учета Крымского филиала Института землеустройства

Украины, наблюдается тенденция роста во времени площадей эродированных и дефлированных земель. Дефляционные процессы охватили почти половину пахотных земель республики (48,7%, в том числе слабо- и среднедефлированные почвы составляют, соответственно, 31,3 и 17,3%) [10]. Для поддержания экологического равновесия необходимо обеспечить воспроизводство основных компонентов агроландшафтов, задействованных в основных видах производства. Наибольшую нагрузку в агроландшафтах испытывают почвы. Для решения многих практических задач (особенно в сложившейся социально-экономической обстановке), связанных с проблемой воспроизводства почвенного плодородия в агроландшафтах неизменно встает вопрос – как оценить потенциальную способность природной среды к самовосстановлению? Методические трудности, по нашему мнению, можно преодолеть, если в качестве основной информационной основы оценок принять разновременные почвы и закономерности их самовоспроизводства.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Оценить энергопотенциал воспроизводства ресурсов почвенного плодородия в естественных и антропогенных ландшафтах Крыма.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Основные методы, использованные в исследовании: полевых исследований, аналитические, математического моделирования процессов в разновременных почвах на территории Крымского полуострова, сформировавшихся в различных биолитокомбинациях среды. Основным использованный прием исследования – метод почвенно-генетической хронологии, который можно определить, как метод датирования антропогенных земляных или каменных сооружений, основанный на математических зависимостях необратимых генетических свойств развития почв во времени для определенных биолитокомбинаций условий почвообразования. Исследованные почвы на основе метода аналогий представлены в виде хронорядов почв различной продолжительности. Имеющиеся методические подходы [2, 8, 15] позволяют изучить основные закономерности формирования почв во времени и выполнить оценку их регенерационных возможностей с помощью математического моделирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Оценочной характеристикой способности природных факторов обеспечивать формирование почвенных тел и их свойств является почвообразовательный потенциал среды (ПП), включающий и факторы почвообразования. Потенциал факторов почвообразования представляет собой способность той или иной их комбинации инициировать и развивать почвообразовательный процесс. Однако более целесообразно говорить о почвообразовательном потенциале географической среды, имеющей зональный аспект, который проецируется на весьма специфическую тополитологическую основу в виде зональных почв на разных породах, которые являются потенциалоносителями и продуцентами основного количества энергии в ландшафтах. Концепция почвообразовательного потенциала разработана американским почвоведом Г. Иенни [4] и получила дальнейшее развитие в работах отечественных ученых [16]. Применительно к климату такое понятие впервые использовал В.О. Таргульян. Почвообразующий потенциал климата и биоты был определен им как « теоретически мыслимая способность данного стабильного

сочетания климата и биоты через процессы выветривания и почвообразования максимально полно и глубоко преобразовывать данную материнскую породу (в определенных условиях рельефа) в климаксное почвенное тело за неограниченное время действия» [13]. Позже предложен вариант определения почвообразующего потенциала природных факторов (ПППФ) как способность формировать из любого твердофазного субстрата сложноорганизованные почвенные тела и почвенные системы. Дальнейшее развитие этого направления привело к дифференциации понятия ПППФ в понятие более узкое «частных почвообразующих потенциалов (ПП)» [16]. Почвообразовательный потенциал (ПП климата) в комплексе с биотой составляют - flux-factor потоковые факторы, факторы-“агрессоры” – которые оцениваются по их способности изменять данный почвообразующий субстрат за определенный интервал времени в наиболее сложно организованную и наиболее равновесно- и устойчиво функционирующую почвенную систему (тело, покров). Это, в первую очередь, экзогенный потенциал действия, изменения, формирования новых свойств, структур и функций [16]. Количественной характеристикой почвообразовательного потенциала климатических условий могут выступать энергетические затраты на почвообразование, которые, согласно работам В.Р. Волобуева [1], наиболее хорошо описываются зависимостью следующего вида:

$$Q = 41.87(R \cdot e^{-18.8 \frac{R^{0.73}}{P}}), \quad (1)$$

где R - радиационный баланс, ккал/см² год;

P - годовая сумма осадков, мм;

Q - годовые затраты энергии на почвообразование, которые после перевода единиц измерения в систему СИ измеряются в МДж/ м² год.

Расчетная величина затрат радиационной энергии на почвообразование (Q) вполне отражает вклад гидротермических факторов в формирование гумусового горизонта почв и является одним из основных параметров в математических моделях определения скоростей почвообразования [2, 3]. Для представления территориальных закономерностей распределения величины Q возникает определенная трудность в обеспеченности метеоданными, используемыми в формуле (1). В частности, на территории Крыма крайне мало метеостанций, которые проводят актинометрические наблюдения. Да и репрезентативность имеющихся данных не всегда соответствует целям и задачам конкретных исследований. Для решения возникших методических трудностей нами установлена связь величин радиационного баланса с суммой температур выше 10°C, что позволяет получать расчетные величины радиационного баланса для пунктов наблюдений Крымского полуострова, не имеющих актинометрических данных (рис. 1).

С использованием метеорологических характеристик в формуле (1) нами рассчитаны значения величины Q, (МДж/м²год) и построена матрица почвообразовательного потенциала территории Крымского полуострова (таблица 1), характеризующая соответствие основных типов почв климатическим и энергетическим условиям их формирования.

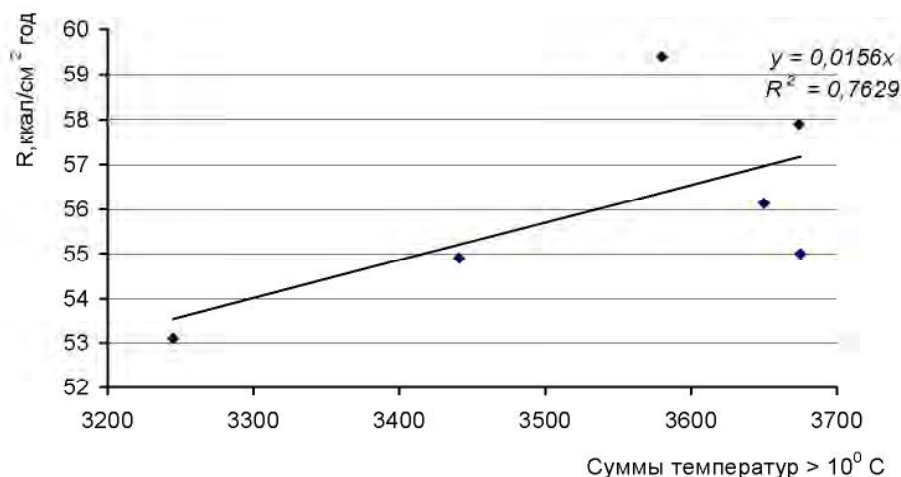


Рис 1. Зависимость величин радиационного баланса от сумм температур выше 10 градусов.

Таблица 1

Матрица распределения энергетических затрат на почвообразование и среднегодового количества осадков на Крымском полуострове

Количество осадков, мм в год	Энергетические затраты на почвообразование МДж/м ² год				
	800-1000	1000-1100	1100-1200	1200-1300	1300-1400 и >
300-400	Каштановые коричневые ксерофитные	Темно-каштановые черноземы южные			Коричневые ксерофитных субтропических лесов
400-500			Черноземы карбонатные дерново-карбонатные		
500-600			Бурые горно-лесные		
600-700					
700-900			Горные лугово-степные, горные луговые		

По мнению ряда ученых [5, 9] некоторые свойства крымских почв являются реликтовыми. Этим объясняется изменение некоторых свойств почв при их сельскохозяйственном использовании, даже с применением мероприятий по стимуляции процессов почвообразования: внесение дополнительных доз удобрений, орошение и т.д. В первую очередь это относится к почвам Горного и Предгорного Крыма. Нетипичность этих почв проявляется в факте несоответствия их формирования в пределах тех типов природной растительности, которая

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОЧВ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ ...

господствовала на описываемой территории до активного ее освоения. При этом не учитывается, что полнопрофильные почвы формировались на определенной территории в течение всего голоцена (последних 10-12 тысяч лет). А современные типы растительности являются фактором почвообразования только в последний палеобиоклиматический период голоцена

Согласно работ П.Д. Подгородецкого [9], в Крыму в течение голоцена преобладал период, благоприятный для формирования почв коричневого и черноземного типов. Поскольку колебания климата Крыма в голоцене, как и на других территориях, приводили к изменению соотношения площадей ландшафтов со степной и лесостепной растительностью, в таких переходных полосах, как лесостепное предгорье и низкогорье, вследствие инверсионной зональности Крыма, формировались вышеперечисленные нетипичные типы почв. Для них современные значения величин энергетических затрат на почвообразование могут и не соответствовать особенностям структурно-функциональной организации. Подтверждением данной концепции служат результаты почвенно-хронологических исследований молодых почв в районах Крымского предгорья и юго-западной оконечности полуострова. В Херсонесе на развалах средневековых домов формируются почвы, не имеющие до сих пор признаков фоновых коричневых почв данной территории [3].

В подтверждение выше изложенной теории нами исследованы закономерности изменения энергетики почвообразования и суммы температур выше 10 °С для основных типов почв Крыма (рис 2.).

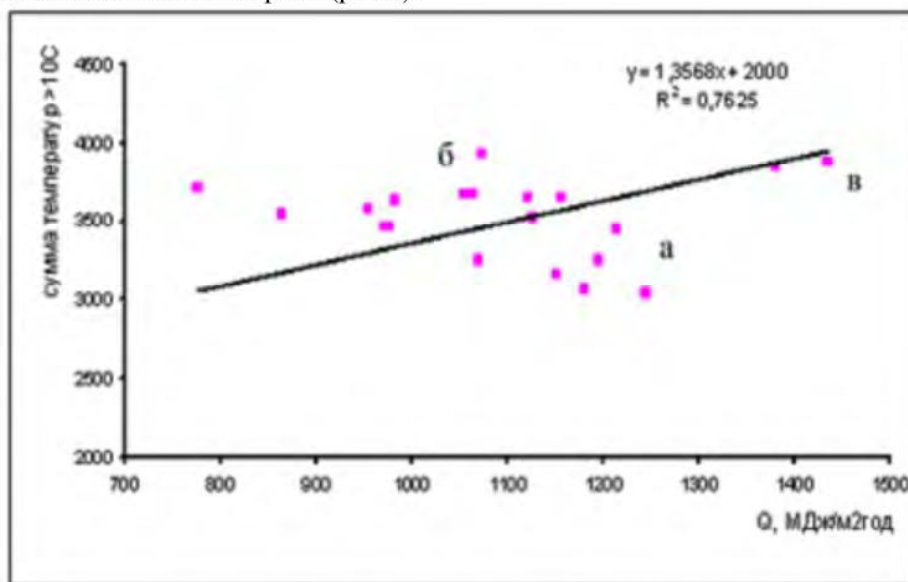


Рис. 2. Группировка основных типов почв Крыма в зависимости от величин энергетических затрат на почвообразование и сумм температур выше 10 °С

На рисунке 2 можно выделить три группы почв с различными климатическими условиями почвообразовательного процесса:

а) почвы предгорного и горного Крыма (черноземы южные мицеллярно-карбонатные; черноземы карбонатные и дерново-карбонатные; бурые горные лесные);

б) почвы равнинного Крыма (каштановые почвы, черноземы южные), а также коричневые почвы, которые формируются в более засушливой восточной части Южного берега Крыма а также в западном и юго-западном секторах побережья;

в) почвы коричневые, но сформированные в условиях наиболее характерных для формирования коричневых почв субсредиземноморья – коричневые почвы ксерофитных лесов и кустарников (территория Большой Ялты, Никитского ботанического сада, мыса Мартыан и территории западного сектора Южного берега Крыма).

Из рисунка 2 следует, что коричневые почвы западного ареала своего распространения генетически ближе к почвам степной зоны. Это еще раз подтверждает, что сформировались они в эпоху с иными климатическими характеристиками и сохранили свойства, соответствующие прежним факторам среды.

Степень реализованности биоклиматического потенциала объективно отражается в скорости почвообразовательного процесса. Обобщение накопленных к настоящему времени почвенно-хронологических данных (объем выборки – 128 определений) в виде эмпирической модели показало, что в автоморфных условиях формирование гумусового горизонта южных черноземов на породах суглинистого гранулометрического состава проходило за последние 3000 лет со средней скоростью 0,14 мм/год. Данные, полученные для территории Керченского полуострова, вполне согласуются с этими оценками (рис. 3).

В поясе субтропического почвообразования Южного берега Крыма, где представлены типичные коричневые почвы под вечнозелеными ксерофитными лесами и кустарниками, средняя ежегодная скорость увеличения мощности гумусового горизонта за первые 2000 лет формирования почвы составляет 0,05 мм/год. Такие различия в скорости формирования гумусового горизонта почв объясняются, прежде всего, различиями почвообразующих пород: южные черноземы сформированы, как правило, на породах суглинистого состава, а коричневые почвы – на элювии карбонатных и некарбонатных пород. Вопрос о соответствии биоклиматического потенциала структурно-функциональной организации коричневых почв пока остается открытым.

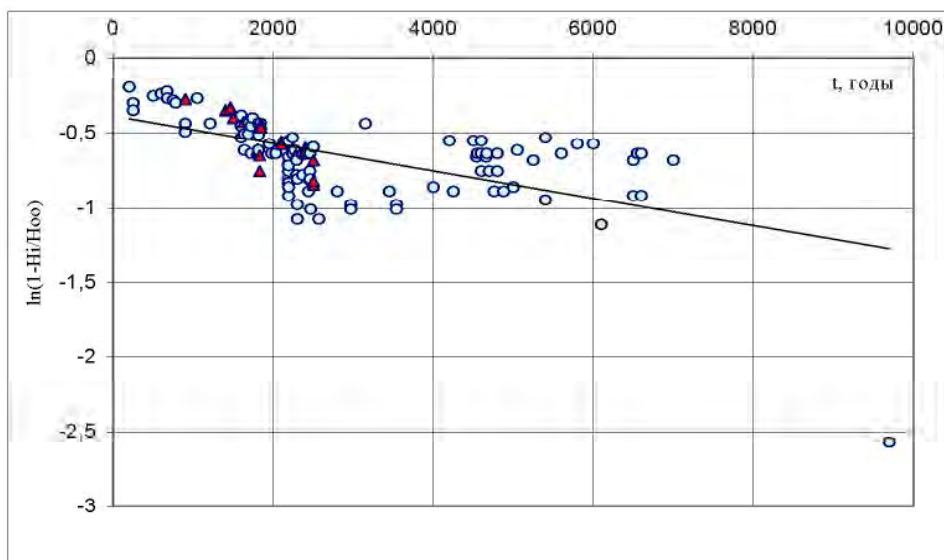


Рис. 3. График зависимости мощности гумусового горизонта черноземов южных и темно-каштановых почв во времени (в полулогарифмических координатах)

Обозначения: H_i – фактическая мощность гумусового горизонта почв; H_{oo} – предельная мощность гумусового горизонта почв; \circ - эмпирические точки по ранее проведенным исследованиям и литературным данным; Δ - данные по результатам исследований на территории Керченского полуострова.

Для поддержания ландшафтов в состоянии экологического равновесия необходимо, чтобы баланс приходно-расходной части энергии и вещества в этой системе был равен нулю. Оценка баланса всех компонентов ландшафта, как системы, на сегодняшний день невозможна из-за методологических трудностей, связанных со сложностью строения и организации таких систем. На пути к решению таких задач, можно оценить равновесие почвенной системы посредством определения скоростей почвообразования с использованием методов математического моделирования процессов самовосстановления почв в антропогенно нарушенных ландшафтах [2]. Для почвенной системы экологическое равновесие будет поддерживаться в случае:

$$G_c \geq W_c, \quad (2)$$

где G_c – скорость почвообразования склоновых ландшафтов;

W_c – потери почвы в результате эрозии.

Оценки скорости почвообразовательного процесса востребованы для мониторинга процесса воспроизводства почв в условиях землепользования, при которых обеспечивается поступление органического вещества, близкое по количеству и качеству коренным фитоценозам. Скорость почвообразования в хозяйственных условиях будет определяться, кроме других факторов, еще и

количеством и биохимическим составом поступающих в почву растительных остатков.

Аналитически определение скорости почвообразования в условиях агроландшафтов необходимо проводить с учетом следующего выражения:

$$G_k = R_g G_c, \quad (3)$$

где G_k – скорости почвообразования в агроландшафтах;

R_g – показатель, характеризующий влияние антропогенного почвообразовательного процесса на скорость почвообразования;

G_c – скорость почвообразования склоновых почв.

Скорость почвообразования склоновых почв рассчитывается согласно модели:

$$G_c = G_n \cdot (41,87 R \cdot k_r \cdot \exp(-18,8 \cdot ((R \cdot k_r)^{0,73}) / P_0 \cdot k_0)) / Q_n, \quad (4)$$

где G_n – скорость почвообразования для плакорных почв;

Q_n – энергетические затраты на почвообразование на территории Крымского полуострова рассчитаны по формуле (1).

Для склоновых местоположений величина энергетических затрат на почвообразование (Q_c) определяется по формуле:

$$Q_c = 41,87 R_c \cdot \exp(-18,8 \cdot (R_c^{0,73}) / P_c) \quad (5)$$

где $R_c = R \cdot k_r$; k_r – коэффициент, учитывающий экспозицию склона и его уклон;

P_c – количество осадков на склоне.

Показатель R_g примерно равен отношению количества органического вещества, поступающего в почву в агроландшафтах и в условиях природного почвообразования:

$$R_g = V_k a_k / V_e a_e \quad (6)$$

где V_k – количество органического вещества поступающего в почву в условиях агроландшафтов, т/га; a_k – коэффициент гумификации сельскохозяйственных культур; V_e – количество органического вещества поступающего в почву в естественных ландшафтах; a_e – коэффициент гумификации естественной растительности.

Количество органического вещества, поступающего в почву в условиях естественных ландшафтов Степного и Предгорного Крыма, оценивалось по годовому приросту (чистой первичной продукции) зональных фитоценозов (обобщенные литературные данные [6, 7]). Для черноземов южных, темно-каштановых почв среднее значение годичной продуктивности растительности равно 8,5 т/га, для черноземов предгорных, черноземов карбонатных, дерново-карбонатных почв эта величина равна 13,5 т/га. Значения коэффициента гумификации (a_k) принимали равным 0,21, согласно работ Ф.Н. Лисецкого [7]. Для почв, формирующихся под лесной растительностью, мы допускаем, что количество органического вещества, поступающего в почву, будет приблизительно эквивалентно количеству органики, заключенному в подстилке. По данным А.М. Кочкина [6], ее количество под дубовыми и буковыми лесами в среднем равно 13,2 т/га. Значения коэффициента гумификации для поверхностных остатков примем равным 0,1 [7].

Количество органического вещества, поступающего в почву в условиях агроландшафтов для выделенных рядов почв, рассчитывали, исходя из данных по урожайности основных сельскохозяйственных культур и с учетом структуры посевных площадей:

$$V_k = Y_i \cdot k_g, \quad (7)$$

где Y_i – урожайность, т/га; k_g – коэффициент выхода пожнивных остатков и корневых остатков от урожайности основной продукции.

Для многолетних насаждений в агроландшафтах количество растительных остатков, поступающих в почву, будет определяться массой ежегодного листового опада. По данным В.Г. Унгурияна [14], в почву под виноградниками возвращается с листовым опадом 1,3-1,9 т/га сухого вещества. Для садовых агроценозов ежегодный опад листьев плодовых деревьев равен 2-7 т/га [14]. Коэффициент гумификации равен 0,1 [7].

На основе данных Главного управления статистики Автономной Республики Крым были получены величины урожайности для основных сельскохозяйственных культур с 1991-2000 гг. средневзвешенные по площади распространения выделенных рядов почв. С использованием указанной информации вычислены показатели k_g для каждой культуры и средневзвешенные по площади, с учетом коэффициентов выхода пожнивных и корневых остатков от урожайности основной продукции [12] и коэффициентов гумификации [12]. Для черноземов южных и темно-каштановых почв скорости антропогенного почвообразования можно оценить в 0,21 т/га, для черноземов предгорных, черноземов карбонатных, черноземов предгорных, черноземов карбонатных в комплексе с бурыми горно-лесными – 0,15-0,25 т/га, для коричневых почв – 0,25 т/га.

Таким образом, применение показателя R_g позволяет корректировать значения скоростей почвообразования для природных условий применительно к особенностям агроландшафтов.

ВЫВОДЫ. Сравнение скоростей воспроизводства почв в агроландшафтах с эрозионными потерями почвы позволяет утверждать, что современное состояние почв в Крыму находится в состоянии экологического кризиса. Для решения проблем поддержания агроландшафтов в состоянии, устойчивом к внешним воздействиям, необходимо проводить комплекс мероприятий, направленных на увеличение скорости воспроизводства ресурсов почвенного плодородия, но обязательно с учетом энергетического и климатического потенциала естественной среды. Игнорирование роли этих факторов может привести к удорожанию почвенно-мелиоративных мероприятий.

Список литературы

1. Волобуев В.Р. О биологической составляющей энергетики почвообразования // Почвоведение. – 1985. – № 9. – С.5-8.
2. Ергина Е.И. Микроклиматические особенности процесса почвообразования в Крыму // Ученые записки ТНУ им. В.И. Вернадского. – Т.20 (59). – №2. География. – 2007. – С. 302-309.

3. Єргіна О.І. Палеокліматична обумовленість голоценового періоду процесу ґрунтоутворення в Криму // Регіональні проблеми України. Географічні проблеми та пошук шляхів вирішення. Зб. наук. праць. – Херсон: ПП Вишемирський, 2007. – С. 82-86.
4. Йенни Г. Факторы почвообразования. Пер. с англ. – М.: ИЛ, 1948. – 347 с.
5. Кочкин М.А. Важов В.И., Иванов В.Ф., Молчанов Е.Ф., Донушкин В.И. Основы рационального использования почвенно-климатических условий в земледелии. – М.: Колос, 1972. – 303 с.
6. Кочкин М.А. Почвы, леса и климат Горного Крыма и пути их рационального использования/ Никит. бот. сад. Научн. труды. Т. 38. – М.: Колос, 1967. – 260 с.
7. Лисецкий Ф.Н. Оценка изменений условий гумусообразования в голоцене для степных экосистем Причерноморья // Экология. – 1987. – №3. – С. 15-22.
8. Лисецкий Ф.Н. Пространственно-временная организация агроландшафтов. – Белгород: Изд-во Белгородского госуниверситета, 2000. – 301 с.
9. Подгородецкий П.Д. Крым. Природа. – Симферополь: Таврия, 1988. – 192 с.
10. Региональная программа защиты почв Республики Крым от водной ветровой эрозии и других видов деградации. Академия Аграрных наук. Институт землеустройства. Крымский филиал. – Симферополь.
11. Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1967. – Вып.10. – Ч. 1-4. – 700 с.
12. Справочник по почвозащитному земледелию / Под ред. И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевской. – К.: Урожай, 1990. – 278 с.
13. Таргульян В.О. Развитие почв во времени // Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1982. – С. 108-113.
14. Унгуриян В.Г. Почва и виноград. – Кишинев: Штиинца, 1979. – 212 с.
15. Чорний С.Г., Єргіна О.І. Методика визначення допустимих норм ерозії для агроландшафтів Криму // Збірник наукових праць “Фальцфейновські читання”. – Херсон, 2003. – С. 371-375.
16. Шоба С.А., Герасимова М.И., Таргульян В.О., Урусевская И.С., Алябина И.О., Макеев А.О. Почвообразующий потенциал природных факторов // Сборник научных трудов Международной конференции “Генезис, география и экология почв”. Львов, 16-18 сент., 1999 с 90-92.

Єргіна О.І., Лисецкий Ф.Н. Оцінка швидкості відтворення ґрунтів в екологічно збалансованих ландшафтах

У статті розглянуті нові підходи до оцінки регенераційних можливостей ґрунтів в природних і антропогенних ландшафтах залежно від енергетичних особливостей середовища.

Ключові слова: швидкість ґрунтоутворення, антропогенні ландшафти, ґрунтоутворюючий потенціал середовища.

Ergina E.I., Lisetskiy F.N. Assessment rate of soil reproduction in ecologically balancing landscapes

New approaches to assessing the opportunities of soil regeneration in natural and man-made landscapes, depending on the particularities of energy environment were discussed in the article.

Key words: the speed of soil formation, anthropogenous landscapes, potential of soils creation in the environment.