



## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК: 631.459 (282.247.314)

### ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ ДНЕСТРА)

### EVALUATION THE ANTHROPOGENIC DEGRADATION OF SOIL UNDER THE INFLUENCE OF SOIL EROSION USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES AND REMOTE SENSING OF THE EARTH (WITH REFERENCE TO THE LEFT BANK OF RIVER DNIESTER)

**А.Н. Мунтян**  
**A.N. Muntjan**

*Республиканский научно-исследовательский институт экологии и природных ресурсов, Республика Молдова,  
Приднестровье, MD-3200, г. Бендеры, ул. Каховский тупик, 2*

*Republican research institute of ecology and natural resources, 2 Kahovskii tupik St, Bendery, MD-3200, Transdnistria, Republic Moldova*

*E-mail: piter504@mail.ru*

*Аннотация.* Дана оценка динамики годового количества осадков Левобережья Днестра за 1950–2013 гг. В условиях цикличности режима увлажнения выявлены периоды с минимальным и максимальным количеством осадков. Проведено моделирование эрозии с помощью уравнения RUSLE на основе анализа почвенно-климатических условий и данных дистанционного зондирования Земли (SRTM, Landsat-8). Определены величины потенциального смыва почв и эрозионной опасности при различных сценариях климата.

На основании данных о темпах эрозии почв и средних многолетних скоростях почвообразования проведена оценка потенциальной долговечности использования почв при различных сценариях климата.

*Resumé.* The assessments of the dynamics of year precipitations value, mm at weather stations of the left reach of river Dniester area. On the basis of mathematical modeling of soil erosion (method RUSLE) is given the evaluation of the potential dimensions of soil erosion at “low precipitations value” cycle and “high precipitations value” cycle with reference to the left bank of the river Dniester. Evaluation the soil erosion was assessments with use of geoinformation technologies and remote sense data SRTM, Landsat-8. The data obtained by calculation are displayed in the form of cartographic material.

There is potential soil expenditure at “low precipitations value” cycle and “high precipitations value” cycle given on the basis of the data of the potential dimensions of soil erosion and dynamics of soil formation.

*Ключевые слова:* почвенные ресурсы, водная эрозия почв, геоинформационные системы, дистанционное зондирование Земли.

*Key words:* soil resources, soil erosion, geoinformational systems, remote sensing.

### Введение

Изучаемая территория – Левобережье Днестра – традиционно отличалась высокой степенью аграрной освоенности. Интенсификация сельского хозяйства в 50–60 х. гг. XX в. обусловила повышение доли пашни в структуре земельного фонда до 80% и более. В постсоветский период в регионе наблюдалось снижение площади обрабатываемых земель. Однако в настоящее время антропогенная нагрузка на почвы



региона по-прежнему остается достаточно высокой, что обуславливает мощный деградационный прессинг на почвенный покров региона.

Одним из наиболее чувствительных для региона видов почвенной деградации является водная эрозия почв. К настоящему времени почвы разной степени смывости занимают более 46 тыс. га или около 14% изучаемой территории [Мунтян, 2015б]. Новые тенденции в развитии сельскохозяйственного производства обуславливают актуальность объективной и всесторонней оценки состояния почвенного покрова региона, перспектив его охраны и использования в сельскохозяйственном производстве.

В этой связи целью работы является выявление основных аспектов деградации почв левобережья Днестра с использованием оценки эрозионной опасности земель региона и потенциальной долговечности использования почвы для оптимизации земельного фонда региона.

### Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследований выступает почвенный покров левобережья Днестра в пределах административных районов Приднестровской Молдавской республики. Общая площадь изучаемой территории составляет 3.7 тыс. км<sup>2</sup>, протяженность с северо-запада на юго-восток составляет 202 км, с запада на восток по линии с. Гыска – западная граница Украины – 40 км. Размеры рассматриваемого объекта ограничены с одной стороны рекой, дающей название объекту, с другой стороны – склонами Вольно-Подольской возвышенности на севере и в центре и долиной реки Кучурган на юге.

В ходе исследования были задействованы материалы о структуре почвенного покрова, рельефа, значения метеовеличин, данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Данные о пространственном распределении почвенного покрова получены по материалам Справочника почв Приднестровья, анализ рельефа основан на базе SRTM-съемки. При анализе структуры землепользований использованы данные ДЗЗ спутников Landsat 8. В основу климатических оценок положены материалы гидрометеостанций ГУ «ГС «Республиканский гидрометеорологический центр», расположенных на исследуемой территории за 1950–2013 гг.

Внутригодовое распределение эрозионной опасности климата рассчитано по плювиометрическому коэффициенту [Сластухин, 1964], который определяется по следующей формуле:

$$P = K \frac{m}{M}, \quad (1)$$

где  $m$  – среднемесячные осадки, в мм;  $M$  – среднегодовые осадки, в мм;  $K$  – показатель продолжительности расчетного периода.

Потенциальный смыв почвы рассчитан по методу RUSLE [Foster et al., 1997]:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P, \quad (2)$$

где  $A$  – среднее расчетное количество теряемой почвы в год на единицу площади т/га в год;  $R$  – коэффициент эродирующей способности осадков, МДж×мм/га×час×год;  $K$  – коэффициент эродируемости почвы, т×га×час/га×МДж×мм;  $L$  – коэффициент длины;  $S$  – коэффициент уклона;  $C$  – коэффициент растительного покрова и севооборотов;  $P$  – коэффициент охраны почв.

Показатель потенциальной длительности расходования почвы при постоянной среднемноголетней величине смыва ( $T$ , годы) рассчитан по формуле [Лисецкий, 1991]:

$$T = \frac{10\gamma(H_{исх} - H_{опт})}{V_{э} - V_{п}}, \quad (3)$$

где  $\gamma$  – плотность сложения почвы, т/м<sup>3</sup>;  $H_{исх}$  – исходная (фактическая) мощность гумусового горизонта, мм;  $H_{опт}$  – средневзвешенное значение оптимальной мощности гумусового горизонта, учитывающее состав сельскохозяйственных культур в севообороте, мм (определяется по опытным данным либо может быть рассчитано по

зависимости, отражающей изменение урожая 15 основных сельскохозяйственных культур от мощности гумусового горизонта;  $V_{\Sigma}$  – среднегодовой модуль потенциального смыва почвы, т/га;  $V_{II}$  – средние многолетние скорости почвообразования, т/га [Каштанов и др., 1994].

При выполнении работы для получения и обработки информации использовались компьютерные программы (MS Excel, ArcGIS 10.1, ENVI 5.2), на основе полученных результатов построены графики и карты.

### Результаты и их обсуждение

Среди основных факторов, влияющих на эрозию почв, следует выделить: характер осадков, устойчивость почвенного покрова к смыву, особенности рельефа местности и состояние напочвенного покрова.

Для оценки эрозионной силы осадков были проанализированы данные метеостанций исследуемой территории за период с 1950 по 2013 гг. по показателям, необходимым для модельных расчетов. Определено внутригодовое распределение эрозионной опасности климата по плувиометрическому коэффициенту, формула (1). Результаты расчетов показывают превышение плувиометрического коэффициента теплого периода над холодным в 1.5–1.9 раз по всем метеостанциям (рис. 1).

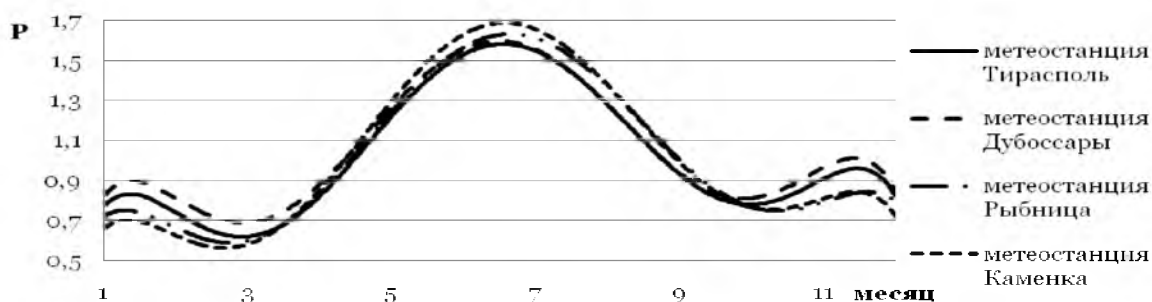


Рис. 1. Динамика плувиометрического коэффициента (P) по месяцам  
 Fig. 1. Dynamics of pluviometric index by the months

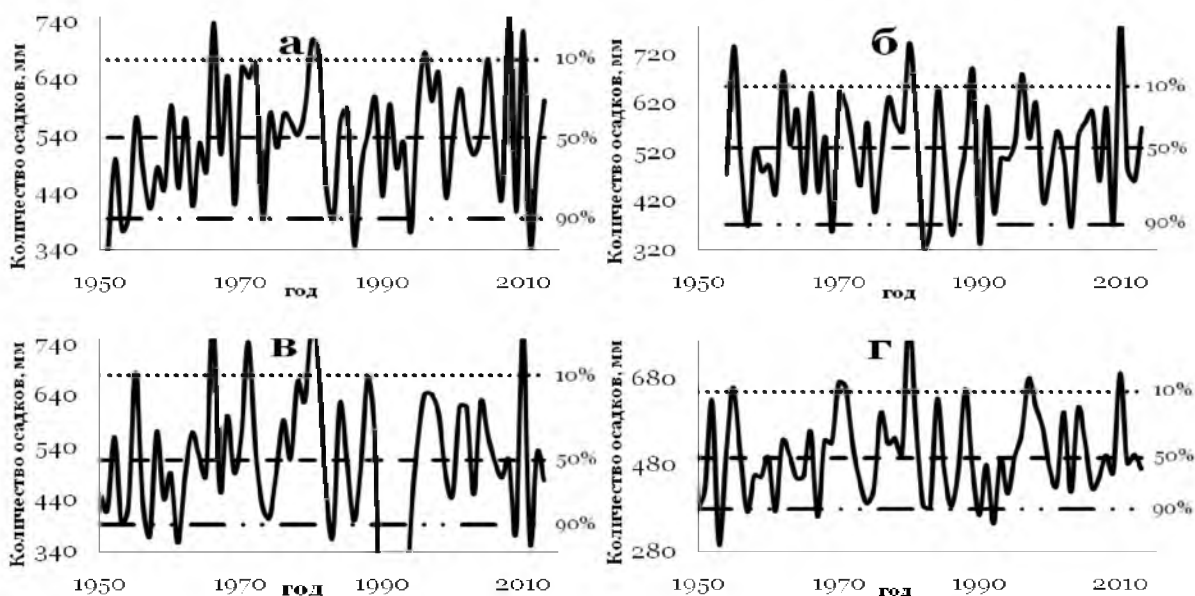


Рис. 2. Динамика годового количества осадков (мм) различной обеспеченности (10, 50, 90%) по метеостанциям: а – Каменка; б – Рыбница; в – Дубоссары; г – Тирасполь  
 Fig. 2. Dynamics of year precipitations value (mm) at weather stations (10, 50, 90%):  
 а – Camenca; б – Ribnitca; в – Dubossary; г – Tiraspol

В результате анализа годового режима осадков исследуемой территории за 1950–2013 гг., выявлена неустойчивость режима увлажнения (рис. 2). По многолетним данным определена обеспеченность рядов по метеостанциям Каменка, Рыбница, Дубоссары и Тирасполь.

По результатам ранее выполненных исследований [Прока, 1969; Кольвенко, Ершов, 2014], установлено, что годовое количество осадков в регионе имеет циклический характер. В результате анализа динамики годового количества осадков левобережья Днестра за 1950–2013 гг., сглаженной 11-ти летней скользящей средней (рис. 3), выявлено, что для всех метеостанций региона максимум осадков приходится на 1961–1979 гг., и 1988–2003 гг. Минимум количества выпавших осадков приходится на 1950–1960 гг. и 1980–1987 гг. Следует отметить, что в последние 12 лет существует тенденция к уменьшению годового количества осадков. Эти данные соответствуют прогнозам развития регионального климата [Коробов и др., 2015; Коробов, Кольвенко, 2012].

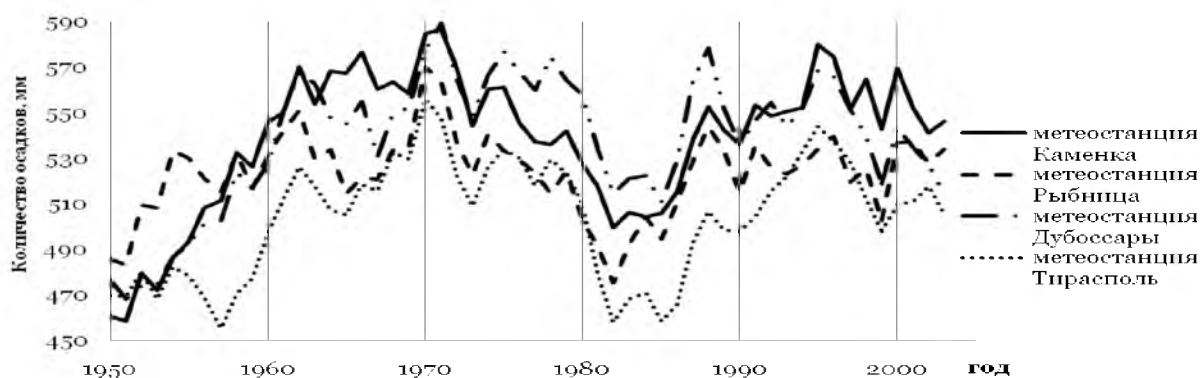


Рис. 3. Динамика годового количества осадков по данным метеорологических станций (мм), сглаженная 11-ти летней скользящей средней

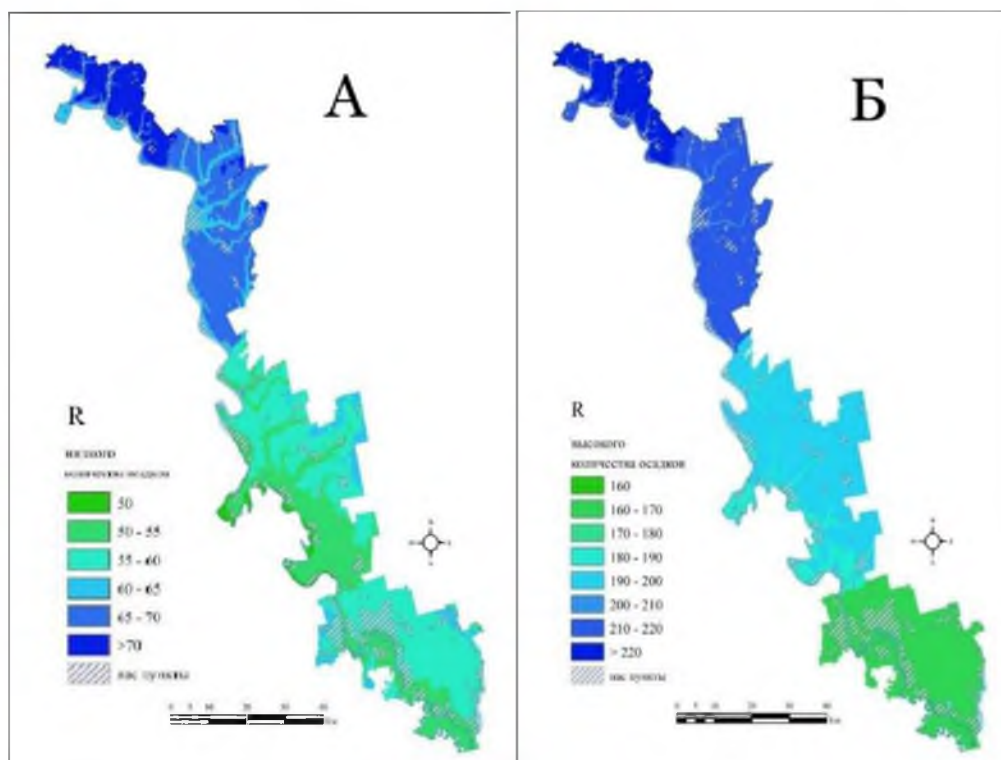
Fig. 3. Dynamics of year precipitations value (mm) at weather stations, 11-year moving average

Для периода 1961–1979 гг. (период «высокого количества осадков») и периода 1980–1987 (период «низкого количества осадков») рассчитаны средние значения эрозионного индекса осадков  $R$  (рис. 4, 5). При расчетах применялась высотная регрессия осадков, выведенная для Молдавии [Крупеников, Урсу, 1985].

В целях формализации особенностей почвенного покрова исследуемого региона для дальнейшего применения в модели RUSLE рассчитан коэффициент эродируемости  $K$ , основных подтипов почв характерных для левобережья Днестра (см. рис. 5А).

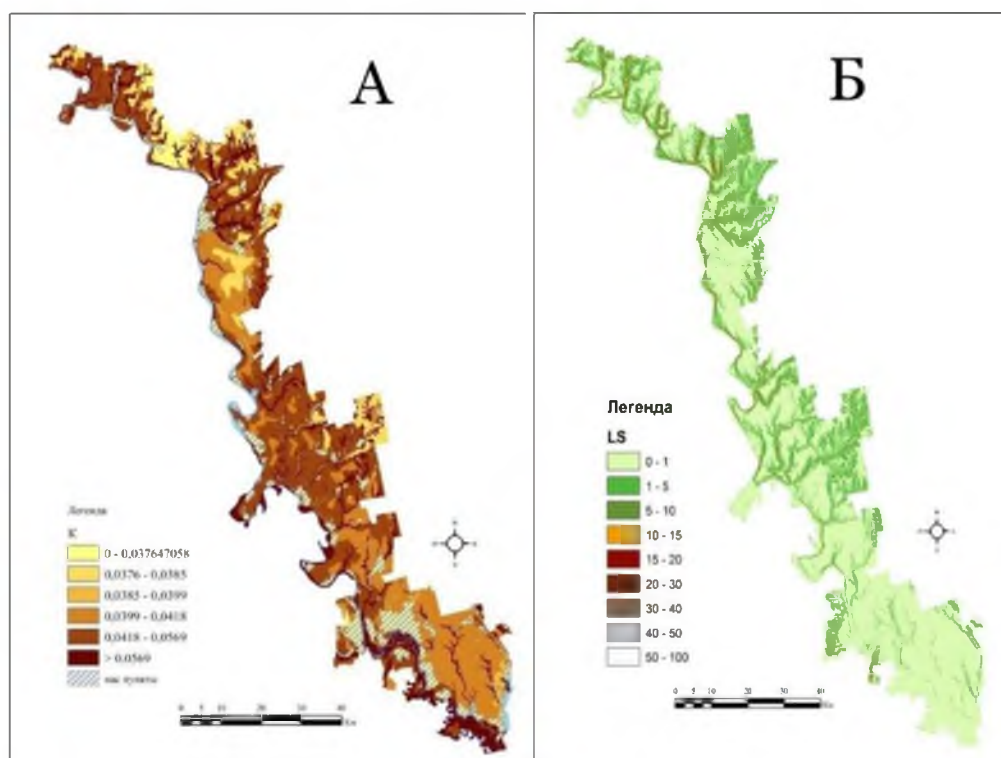
Наименьшей эродируемостью характеризуется Слободзейский и юг Рыбницкого района, что связано с преобладанием в почвенном покрове обыкновенных черноземов. Средняя величина эродируемости почв характерна для Григориопольского, Дубоссарского и северной части Рыбницкого районов, где распространены черноземы карбонатные. Наибольшая эродируемость почв региона характерна для местностей оврагов и пойм небольших рек, которые представлены на всей изучаемой территории.

Значение рельефной функции –  $LS$  (см. рис. 5Б) определено на основе материалов космической SRTM-съемки с точностью 3 угловые секунды. Наименьшее значение рельефной функции –  $LS$  наблюдается на юге рассматриваемой территории в пределах Нижнеднестровской равнины и возрастает в Нижнебыковской равнине и Вольно-Подольской возвышенности. Это хорошо согласуется со значениями вертикального расчленения изучаемой территории. Наибольшее среднее превышение над базисом эрозии [Мунтян, 2015а], характерно для Вольно-Подольской возвышенности – 145 м, наименьшее – для Нижнеднестровской равнины – 66 м.



*Рис. 4.* Эрозионный индекс осадков  $R$  при:  
 А – период «низкого количества осадков»; Б – период «высокого количества осадков»

*Fig. 4.* Erosivity factor  $R$  at:  
 А – “low precipitations value” period; Б – “high precipitations value” period



*Рис. 5.* Факторы эрозии почв:  
 А – Эродируемость почв,  $K$ ; Б – Значение рельефной функции,  $LS$

*Fig. 5.* Soil erosion factors:  
 А – Soil erodibility factor,  $K$ ; Б – Function of overland flow path steepness,  $LS$

Для пространственной оценки фактора растительного покрова  $C$  использован нормализованный разностный вегетационный индекс  $NDVI$  в соответствии с работами [Gitas et al., 2009; Karydas, 2009; Karydas, 2013].

При определении значений почвозащитной способности растительного покрова региона отобраны значения  $NDVI$  за 12 октября 2014 г., для более 25 000 точек. Отбор точек велся как на агроландшафтах, представляющих собой участки черного пара, так и на пространствах с естественной растительностью, приуроченных к участкам эродированных склонов овражно-балочной сети, руслам малых рек, государственного лесного фонда, заброшенным многолетним насаждениям. Значения  $NDVI$  интерполированы методом универсального кригинга. Таким образом, определена структура земельного фонда региона (рис. 6А).

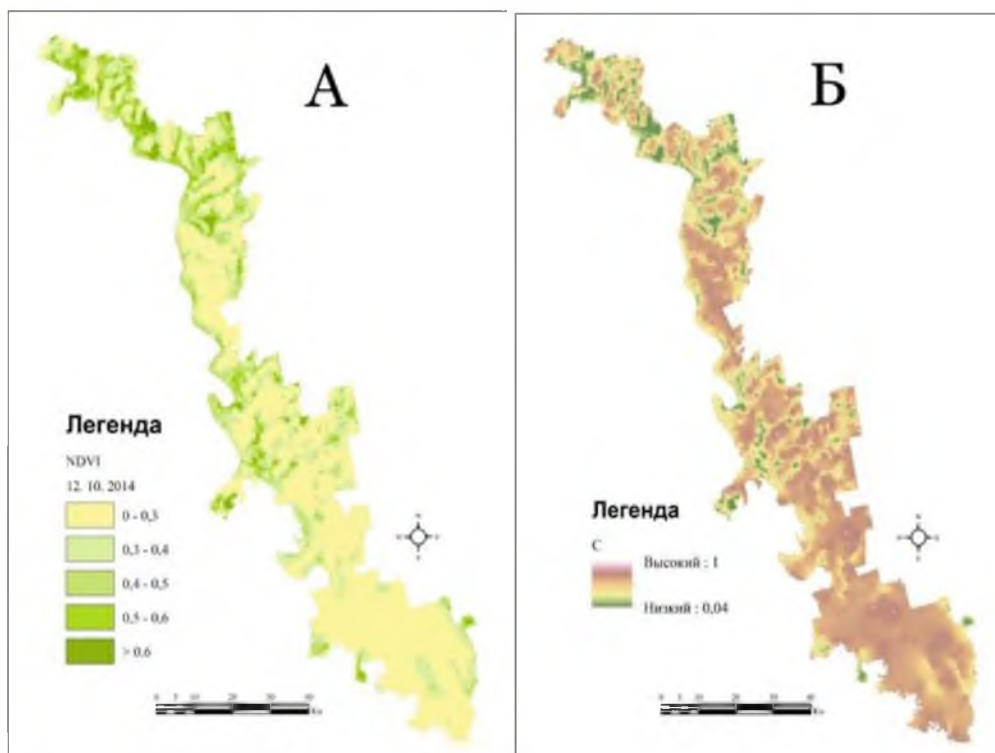


Рис. 6. А – значения  $NDVI$ ; Б – фактор растительного покрова,  $C$   
Fig. 6. А –  $NDVI$  value; Б – cover-management factor,  $C$

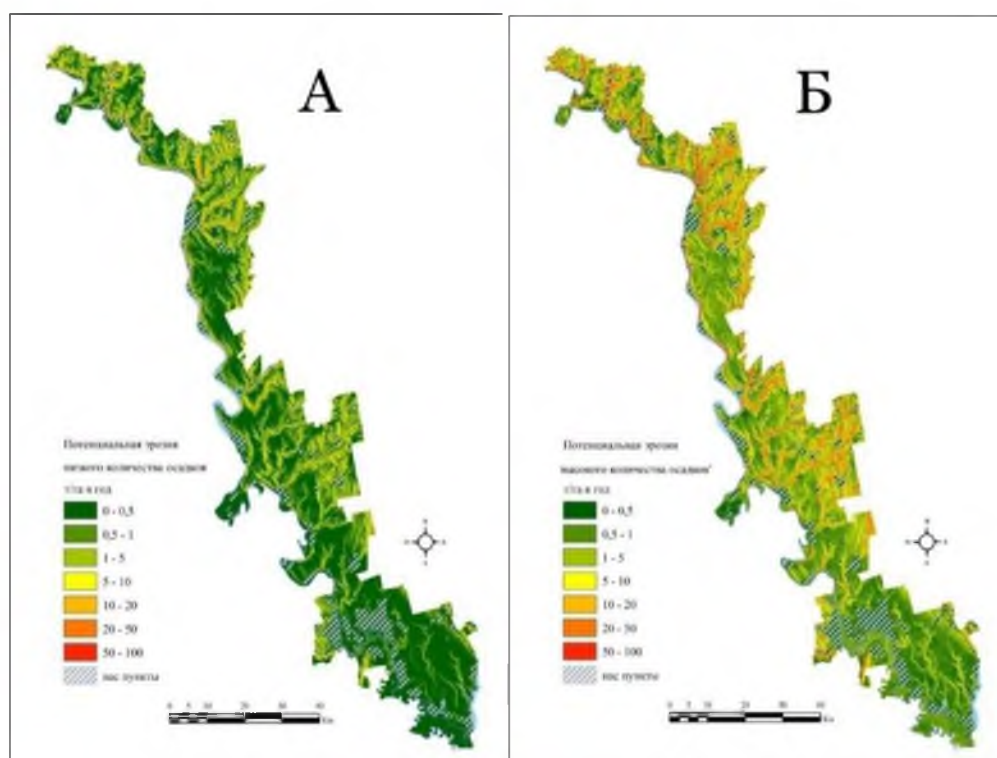
Значения  $NDVI$  пересчитаны в коэффициент почвозащитной способности растительного покрова ( $C$ ) на основе номограммы [Gitas et al., 2009] (см. рис. 6Б).

По результатам моделирования по уравнению  $RUSLE$  (формула 2) получены данные пространственного распределения эрозии почв в двух сценариях – для периода «низкого количества осадков» (рис. 7А) и периода «высокого количества осадков» (см. рис. 7Б).

Сравнение рисунков 7А и 7Б позволяет выявить заметные различия величин потенциальной эрозии почв при данных климатических сценариях. Так, доля земель высокой и очень высокой потенциальной опасности эрозии (более 50 т/га в год) при расчете на эрозионный индекс осадков периода «низкого количества осадков» составляет 4.2% почвенного покрова изучаемой территории, в то время как при периоде «высокого количества осадков» – 14.5%, что приблизительно равно доле средне- и сильноэродированных почв региона.

Однако, как указывалось выше, в настоящее время климат региона находится в периоде «малого количества осадков» и, согласно региональным прогнозам [Коробов и др., 2015; Коробов, Кольвенко, 2012], летнее количество осадков будет ожидаемо снижаться.





*Рис. 7.* Потенциальная эрозия при периоде:  
 А – «низкого количества осадков»; Б – «высокого количества осадков»  
*Fig. 7.* Potential erosion at:  
 А – “low precipitations value” period; Б – “high precipitations value” period

Анализ распределения доли земель различной эрозионной опасности при периоде «высокого количества осадков» среди орографических единиц изучаемого региона (табл.) выявил на севере, в отрогах Волыно-Подольской возвышенности (Каменский и Рыбницкий районы) наибольшую долю земель высокой и очень высокой эрозионной опасности. К югу (Нижнеднестровская низменность), доля земель вышеуказанных категорий постепенно уменьшается.

*Таблица*

Доля земель различной потенциальной эрозионной опасности в пределах орографических единиц левобережья Днестра, %

*Table*

The proportion of lands with different potential erosion danger within the orographic units of left bank of the Dniester river, %

Орографическая единица	Эрозионная опасность				
	условно отсутствует	низкая	средняя	высокая	очень высокая
Волыно-Подольская возвышенность	43.4	23.3	22.0	7.9	3.4
Нижнеднестровская равнина	62.9	25.8	8.1	2.2	0.9
Быковская низменность	63.7	13.8	15.5	5.0	1.7

Значения потенциального расхода почвы ( $T$ ) при периоде «низкого количества осадков» (рис. 8А) показывают, что большая часть территории региона относится к группе  $T > 700$ , за исключением отдельных небольших участков  $T = 200 - 500$  в пределах Нижнебыковской равнины и Волыно-Подольской возвышенности. При периоде «высокого количества осадков» (см. рис. 8Б) доля земель  $T = 200 - 500$ ,  $T < 200$

значительно возрастает. Особенно велика доля земель с низким значением потенциального расхода почв для Рыбницкого и Григориопольского районов.

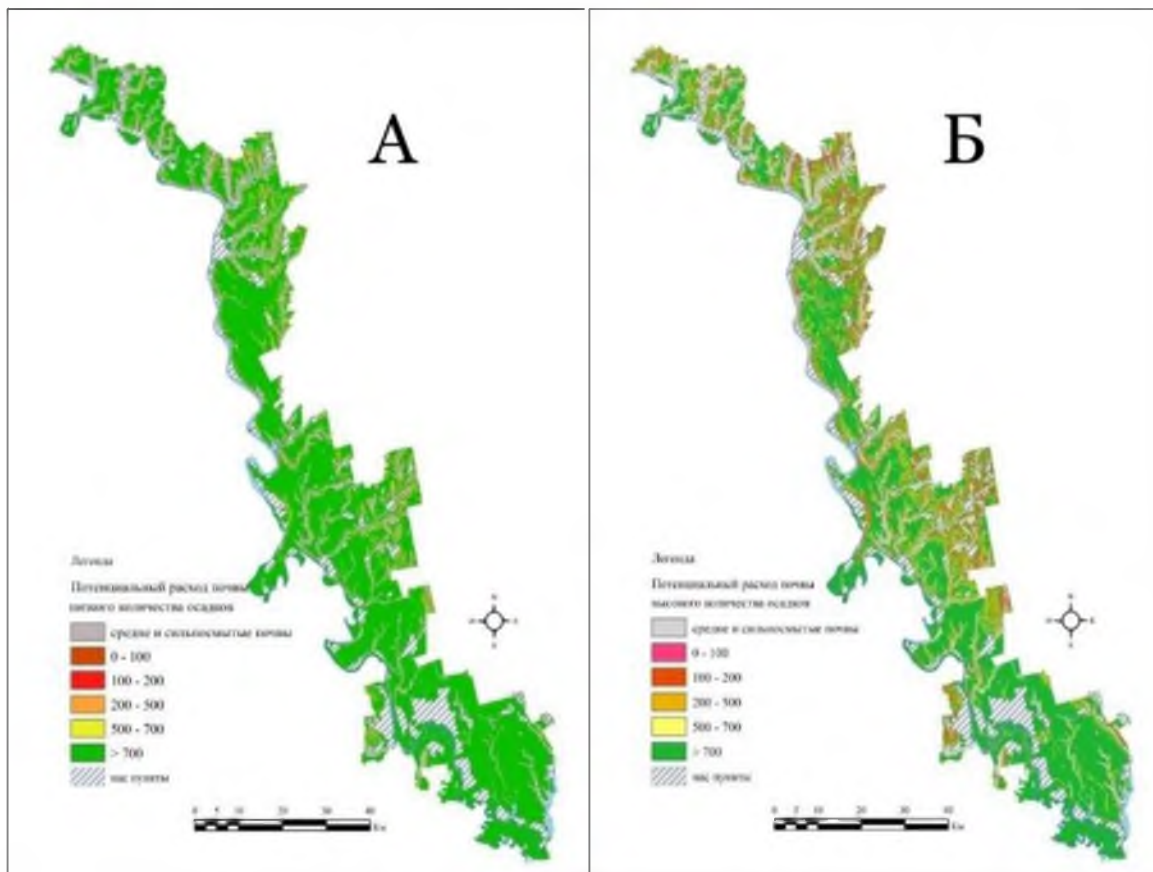


Рис. 8. Потенциальный расход почвы при периоде:  
А – «низкого количества осадков»; Б – «высокого количества осадков»

Fig. 8. Potential soil expenditure at:  
А – “low precipitations value” period; Б – “high precipitations value” period

Полученные значения потенциальной длительности расходования почвы согласно [Лисецкий, 1991] позволяют определить тип хозяйственного использования территории. Для земель с условным отсутствием эрозионной опасности ( $T > 700$ ) возможно обычное возделывание сельскохозяйственных культур без применения каких-либо мер противоэрозионной защиты; на землях низкой и средней эрозионной опасности ( $T = 200-700$ ) необходимо применять противоэрозионные севообороты; склоны высокой и очень высокой эрозионной опасности ( $T = 100-200$ ) должны быть выведены из сельскохозяйственного оборота для формирования фонда ренатурированных земель (с применением залужения, облесения и др.).

Таким образом, изученные показатели эрозионной опасности и потенциального расхода почв изучаемой территории указывают на необходимость проведения комплекса мероприятий, направленных на минимизацию эрозионных процессов. В условиях левобережья Днестра к таким мероприятиям можно отнести применение противоэрозионных севооборотов, простейших склоновых противоэрозионных приемов, многолетней залежи и агролесомелиоративных приемов.

Применение противоэрозионных севооборотов на склоновых землях низкой и средней эрозионной опасности позволяет значительно снизить величину смыва почвы. Одновременно с культуртехническими методами минимизации эрозии склоновых земель низкой и средней эрозионной опасности целесообразно применение простейших склоновых противоэрозионных приемов, направленных на стокозадержание, таких как, например, щелевание.





Современное агролесомелиоративное освоение земель высокой и очень высокой эрозионной опасности овражно-балочной сети региона не всегда отвечает требованиям противоэрозионного обустройства, ввиду того, что оно отсутствует или не имеет достаточной полноты насаждений. Площадь безлесных участков эрозионной сети в пределах левобережья Днестра значительно выше, чем территория аналогичных облесенных и имеет соотношение 10775:5986 га. Поэтому следует уделить особое внимание облесению овражно-балочной сети, как меры, направленной не только на закрепление оврагов и минимизацию поверхностного смыва почвы, но и увеличения биоразнообразия левобережья Днестра за счет придания этим участкам статуса элементов экологического каркаса или природных резерватов.

### Заключение

Анализ динамики годового количества осадков Левобережья Днестра за 1950–2013 гг. выявил 3 периода низкого количества осадков (1950–1961 гг., 1980–87 гг., с 2003 г.) и 2 периода высокого количества осадков (1961–1979 гг., 1988–2004 гг.).

По результатам моделирования эрозии установлено, что участки с наибольшей долей земель средней и высокой эрозионной опасности преобладают в пределах Вольно-Подольской возвышенности и уменьшаются к югу. Развитию эрозии почв левобережья Днестра способствует высокая преобразованность территории в результате антропогенной деятельности. Нагрузка агроландшафтов на территорию региона (около 72% общей площади) создает предпосылки развития эрозии в условиях склоновых местностей, где не соблюдаются приемы противоэрозионного землепользования.

Долговечность использования почвенного ресурса показывает, что при периоде «высокого количества осадков» большая часть территории региона относится к группе  $T > 700$  лет за исключением участков в пределах Нижнебыковской равнины и Вольно-Подольской возвышенности, где доля земель  $T = 200–500$ ,  $T < 200$  лет значительно возрастает. Особенно велика доля земель с низким значением потенциального расхода почв для Рыбницкого и Григориопольского районов.

Использование геоинформационных систем и данных ДЗЗ при оценке степени эрозионной опасности территории позволяет дифференцированно применять методы по оптимизации системы землепользования.

### Благодарности

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-35-50009. Автор выражает признательность В.В. Кольвенко за предоставленную информацию и консультации.*

### Список литературы References

1. Каштанов А.Н., Лисецкий Ф.Н., Швец Г.И. 1994. Основы ландшафтно-экологического земледелия. М., Колос, 127.  
Kashtanov A.N., Liseckij F.N., Shvebs G.I. 1994. Osnovy landshaftno-jekologicheskogo zemledelija [Essentials of landscape-ecological agriculture]. Moscow, Kolos, 127. (in Russian)
2. Кольвенко В.В., Ершов Л.В. 2014. Комплексная оценка климатических изменений в Приднестровье второй половины XX века-начала XXI. В кн.: Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья. Материалы V международной научно-практической конференции (г. Тирасполь, 15 ноября 2014 г.). Тирасполь, Изд-во Приднестровского ун-та: 134–137.  
Kol'venko V.V., Ershov L.V. 2014. Integrated assessment of climate change in Transnistria from the second half of the 20th century-early 21st c. In: Geojekologicheskie i biojekologicheskie problemy Severnogo Prichernomor'ja. Materialy V mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (g. Tiraspol', 15 nojabrja 2014 g.) [Geoecological and bioecological problems of the North Black Sea region. Materials of V international scientific-practical conference (Tiraspol, 15 November 2014)]. Tiraspol, Izd-vo Pridnestrovskogo un-ta: 134–137. (in Russian)



3. Коробов Р.М., Кольвенко В.В. 2012. Климат Приднестровья и его ожидаемые изменения. *В кн.: Концепция региональной стратегии адаптации к изменению климата. Приднестровье. Общественная организация «Экоспектр». Бендеры, Полиграфист: 5–23.*

Korobov R.M., Kol'venko V.V. 2012. Climate of Transnistria and its expected changes. *In: Концепция regional'noj strategii adaptacii k izmeneniju klimata. Pridnestrov'e. Obshhestvennaja organizacija «Jekospekt» [The concept of a regional adaptation strategy to climate change. Transnistria. Public organization "Ekospekt"]. Bendery, Poligrafist: 5–23. (in Russian)*

4. Коробов Р., Тромбицкий И., Сыродоев Г., Андреев А. 2014. Уязвимость к изменению климата: Молдавская часть бассейна Днестра. Кишинев, Elan Poligraf, 336.

Korobov R., Trombickij I., Syrodоеv G., Andreev A. 2014. Ujazvimost' k izmeneniju klimata: Moldavskaja chast' bassejna Dnestra [Vulnerability to climate change: the Moldovan part of the Dniester basin]. Kishinev, Elan Poligraf, 336. (in Russian)

5. Крупеников И.А., Урсу А.Ф. 1985. Почвы Молдавии. Т. 2. Кишинев, Штиинца, 240.

Krupenikov I.A., Ursu A.F. 1985. Pochvy Moldavii. T. 2 [The Soils of Moldavia. Vol. 2]. Kishinev, Shtiinca, 240. (in Russian)

6. Лисецкий Ф.Н. 1991. Региональный анализ проявления процессов эрозии и почвообразования (на примере Причерноморья УССР). Вестник Московского университета. Серия 5. География, (4): 54–58.

Liseckij F.N. 1991. Regional analysis of erosion and soil formation (with reference to the Black Sea region of the Ukrainian SSR). Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 5. Geografija [Moscow University Bulletin. Seria 5. Geography], (4): 54–58. (in Russian)

7. Мунтян А.Н. 2015а. Изучение влияния горизонтальной и вертикальной расчлененности территории и уклонов местности на эрозионную опасность территории на примере Приднестровья. Вестник Приднестровского университета. Серия Медико-биологические и химические науки, (2): 134–138.

Muntjan A.N. 2015a. The study of the influence of horizontal and vertical ruggedness of the territory and of slope on erosion hazard areas on the example of Transnistria. Vestnik Pridnestrovskogo universiteta. Serija Mediko-biologicheskie i himicheskie nauki, (2): 134–138. (in Russian)

8. Мунтян А.Н. 2015б. Справочник «Почвы Приднестровья»: объект авторского права, рег. №259.

Muntjan A.N. 2015b. Spravochnik "Pochvy Pridnestrov'ja": obekt avtorskogo prava, reg. №259 [Handbook "The Soils Of Transnistria"]. (in Russian)

9. Прока В.Е. 1969. Колебания годовых и месячных сумм осадков на территории Молдавии. *В кн.: Проблемы географии Молдавии. Вып. 3. Кишинев, АН МССР: 18–40.*

Proka V.E., 1969. Fluctuations in annual and monthly precipitation totals on the territory of Moldavia. *In: Problemy geografii Moldavii. Vyp. 3 [Problems of geography of Moldavia. Vol. 3]. Kishinev, AN MSSR: 18–40. (in Russian)*

10. Сластихин В.В. 1964. Вопросы мелиорации склонов Молдавии. Кишинев, Карта Молдовеняскэ, 212.

Slastihin V.V. 1964. Voprosy melioracii sklonov Moldavii [Questions of reclamation of the slopes of Moldavia]. Kishinev, Kartja Moldovenjaskje, 212. (in Russian)

11. Foster G.R., Weesies G.A., Renard K.G., Porter J.P., & Yoder D.C. 1997. A Guide to Conservation Planning with the Revised Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook 703. U.S. Department of Agriculture, 385.

12. Gitas I.Z., Douros K., Minakou C., Silleos G.N., & Karydas C.G. 2009. Multi-temporal soil erosion risk assessment in N. Chaldiki using a modified USLE raster model. EARSel eProceedings 8, 1: 40–52.

13. Karydas C.G., Petriolis M., Manakos I. 2013. Evaluating alternative methods of soil erodibility mapping in the Mediterranean Island of Crete. Agriculture, 3: 362–380.

14. Karydas C.G., Sekuloska T., & Silleos G.N. 2009. Quantification and site-specification of the support practice factor when mapping soil erosion risk associated with olive plantations in the Mediterranean island of Crete. Environ Monit Assess, 149: 19–28.