
УДК 504.453; 004.94; 61 4.87

Доктор геогр. наук

Ф.Ж. Акиянова¹

Е.М. Каракулов¹

Н.Б. Зинабдин¹

Канд. с.-х. наук

Н.И. Васильченко²

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДИСТАНЦИОННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛОСКОСТНОЙ ЭРОЗИИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ключевые слова: плоскостная эрозия, факторы развития эрозии, цифровая модель рельефа, Акмолинская область, Казахстан.

В статье изложены результаты количественной оценки эрозионных процессов на примере активно осваиваемых территорий крупного зерносеющего региона Казахстана – Акмолинской области. Впервые для оценки и картографирования эрозионных процессов, наряду с анализом значительного массива климатических и почвенных данных, полевых исследований, использованы геоинформационные технологии и данные дистанционного зондирования Земли. В результате создана «Карта плоскостной эрозии территории Акмолинской области» с количественными показателями эрозионных процессов. Для большей части территории области характерны значения плоскостного смыва до 0,5 т/га в год, а для обрабатываемых склонов волнистых и увалистых водораздельных равнин, обрамляющих низкогорно-мелкосопочные массивы, характерно увеличение показателя до 13,2 т/га в год. В связи с тем, что процессами плоскостной эрозии выносятся наиболее ценный верхний слой почв, получение количественных параметров развития процесса имеет большое практическое значение. Результаты должны быть учтены при освоении земель и обустройстве противоэрозионной защиты почв.

¹Институт географии и природопользования Международного научного комплекса «Астана», г. Нур-Султан, Казахстан

² Департамент земельного кадастра и технического обследования недвижимости, Филиал НАО «Государственная корпорация «Правительство для граждан» по г. Нур-Султан

Введение. Территория Акмолинской области по морфогенетической классификации И.П. Герасимова [8] относится к Центрально-Казахстанскому мелкосопочнику. Рельеф представлен мелкосопочными останцовыми возвышенностями с древними поверхностями выравнивания. Большую часть области занимают денудационные равнины зоны умеренного пояса с годовым количеством осадков 250...400 мм [10-11]. К этой области приурочено более половины всех посевных площадей Казахстана.

В структуре земельного фонда области на 01.11.2018 г. земли сельскохозяйственного назначения занимают наибольший удельный вес – 74,1 % (10828,8 тыс. га), из которых 54,9 % заняты пашней, 41 % – пастбищами, остальные залежью, сенокосами и многолетними насаждениями [13]. По данным Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (МСХ РК) на территории республики *эрозия почв*, наряду с ее дегумификацией, являются наиболее распространенным видом деградации почв. Связано это в том числе и с происходящими на значительной площади Акмолинской области процессами плоскостного смыва [1]. Плоскостная эрозия приводит к разрушению и переносу верхнего слоя почвы, потере гумусового слоя, формированию различных форм линейной эрозии, и, как следствие, снижению плодородия и деградация земель, риску развития овражной эрозии и выводу земель из сельскохозяйственного оборота.

Анализ качественного состояния сельскохозяйственных угодий области, в том числе и пашни, свидетельствует об усилении воздействия эрозионных процессов. Территория Акмолинской области, наряду с территориями Туркестанской и Восточно-Казахстанской областей, относится к региону с наибольшими площадями смытых почв в составе пашни [13]. Мощность верхнего горизонта, по результатам исследований мониторинговых площадок в пределах Акмолинской области, уменьшилась на 25 % и более, а содержание гумуса в горизонте (А) уменьшилось на 10...30 % [1]. Как следствие, можно считать данные Комитета РК по статистике о снижении роли сельского, лесного и рыбного хозяйства в валовом региональном продукте Акмолинской области за рассматриваемый период до 15,8 % [4]. И это с учетом того, что площадь пашни за последние 13 лет увеличилась на 15,7 %.

Таким образом, количественная оценка эрозионных процессов методами дистанционного зондирования, которую можно сопровождать полевыми замерами только на ключевых участках, становится одной из актуаль-

ных как для региона, так и для Казахстана в целом. При этом широкому использованию методов обработки и анализа данных дистанционного зондирования Земли в картографических, оценочных и мониторинговых исследованиях способствует наличие в свободном доступе космических снимков различной разрешающей способности и достаточной временной повторяемости, имеющих архив данных [16, 19, 25].

Методы, исходные данные и основные результаты исследования. Для оценки параметров развития эрозионных процессов применены методы количественной оценки анализа цифровой модели рельефа Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [25]. Обработка пространственных данных проведена в специализированных модулях программного обеспечения ArcGIS 10.6. и ENVI 5.4.

Для определения территорий, подверженных эрозионным процессам, использовано универсальное уравнение “потери почвы”, разработанное W.H. Wischmeier, D.D. Smith в 1978 г. [26]:

$$A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P, \quad (1)$$

где A – прогнозируемая расчетная величина среднегодовой эрозии почвы в тоннах на единицу площади; R – осадки за теплый период года и за год (с учетом таяния снега), в мм; K – коэффициент эрозионного потенциала почвы (тип, структура и текстура почв); LS – длина и углы наклона рельефа; C – проективное покрытие или биомасса растительности; P – применяемые противозерозионные мероприятия, типы обработки земель.

Уравнение было составлено для района, расположенного восточнее Скалистых гор (США), но применялось и для территорий других стран с некоторыми изменениями и дополнениями [18, 22].

Определение количества осадков (Factor-R). Factor-R, по данным W.H. Wischmeter и D.D. Smith, учитывает максимальный объем дождя за 30 минут [26]. В связи с тем, что получение достаточного количества данных по кинетической энергии дождя вызывает затруднение, для определения Factor-R принят расчет на основе среднего количества осадков в год [16] по уравнению 2:

$$R = 0,548257 \cdot P - 59,9, \quad (2)$$

где P – средние за год осадки, мм/год.

Для расчета Factor-R использованы данные РГП “Казгидромет” по среднемноголетним осадкам за год и за теплый период года с 1980 по

2014 гг. по 12 метеостанциям Акмолинской области и данные из открытых источников по 2018 г. [7, 9]. Для более точной экстраполяции параметров в пределах границ исследуемой территории использованы также данные 52 метеостанций соседних областей. В результате обработки данных по осадкам в модуле Spatial Analyst программы ArcGIS 10.6 получено растровое изображение с численными значениями показателя для каждого пикселя площадью в 1 км² по среднегодовому годовому и среднегодовому за теплый период года (апрель-октябрь). В дальнейшем для расчетов осадков возможно применение стандартизированного индекса осадков, который может рассматривать распределение осадков за любой временной период и применяться также для выявления увлажненности территорий [3, 23].

Эрозионный потенциал почвы (Factor-K). Коэффициент эрозионного потенциала почвы зависит от типа, структуры и текстуры почвы, в т. ч. ее гранулометрического состава и наличия органических веществ. Для расчета коэффициента (*K*) использована формула 3 [26]:

$$K=2,73 \cdot 10^{-6} M^{1,14}(12-OM)+3,25 \cdot 10^{-2}(S-2)+2,5^{-2}(p-3), \quad (3)$$

где *M* – текстура верхнего 15 см слоя почвы; *OM* – содержание органического вещества в %; *S* – структура почвы; *p* – класс проницаемости почвы.

Показатель текстуры верхнего 15 см слоя почвы (*M*) рассчитывается в процентах с помощью уравнения на основании размерности частиц почвы в процентах:

$$M = [(100 - A_c) \cdot C \cdot (L + A_{mf})], \quad (4)$$

где *A_c* – содержание в почве глины (<0,002 мм), в %; *L* – содержание в почве ила (0,002...0,05 мм), в %; *A_{mf}* – содержание в почве мелкого песка (0,05...0,1 мм) [20].

Для расчета коэффициента эрозионного потенциала почв использованы данные карты эрозионных процессов и карты типов почв Акмолинской области в масштабе 1:500000. Показатели по текстуре, механическому составу и содержанию органических веществ в почвах взяты из данных Научно-производственного Центра земельного кадастра Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан по 137 стационарным мониторинговым экологическим площадкам почв Акмолинской области и 69 площадкам прилегающих областей за 2015 г.

Расчет показателей длины и углов наклона рельефа (Factor-LS). Длина (L) и углы наклона склонов (S) существенно влияют на скорость развития эрозии почв и являются одними из основных показателей, определяющих потенциал развития эрозионных процессов. Показатель определяется по формуле 5 [26]:

$$LS = (\lambda / 22,13)^m \cdot (65,41 \sin^2 \theta + 4,56 \sin \theta + 0,065), \quad (5)$$

где λ – длина склона; θ – угол склона; m – равен 0,5, если угол склона равен 5 или больше, 0,4 – если угол склона 3,5...4,5, 0,3 – если угол склона 1...3, 0,2 – если угол склона меньше 1 % [24].

Для определения длины и углов наклона склонов в пределах территории Акмолинской области за основу взята цифровая модель рельефа (SRTM) [25].

Показатель биомассы и проективного покрытия растительного покрова (Factor-C). При определении значений индекса NDVI (нормализованный дифференциальный вегетационный индекс) использованы космические снимки со спутника TERRA с разрешающей способностью 500 м за период 2010...2018 гг. с наиболее низким процентом облачности [25]. Индекс рассчитан по формуле NDVI [17], в которой используются каналы диапазона красный (620...670 нм) и ближний инфракрасный (841...876 нм):

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R), \quad (6)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; R – отражение в красной области спектра.

На основе указанных значений $NDVI$ рассчитаны значения FVC (Fraction of Vegetation Cover):

$$FVC = (NDVI - \min NDVI) / (\max NDVI - \min NDVI) \cdot 100, \quad (7)$$

где $NDVI$ – нормализованный относительный индекс растительности; $\min NDVI$ – минимальное содержание растительности; $\max NDVI$ – максимальное содержание растительности. Индекс NDVI широко применяется также и при оценке сезонной динамики состояния растительности [14].

Для вычисления коэффициента проективного покрытия растительного покрова (Factor-C) применено уравнение с логарифмированием значений FVC (c), используя функцию регрессии [21]:

$$C = 0,6508 - 0,343 \log c, \quad (8)$$

Фактор хозяйственной освоенности территории (Factor-P). Введение данного коэффициента связано с тем, что эрозионный потенциал зависит от степени и типа хозяйственного освоения территории. При расчете данного коэффициента учитывается тип обработки земель, который может препятствовать или активизировать процессы смыва. Так, развитие эрозионных процессов многие исследователи связывают с использованием технологии паровых полей. В тоже время необходимо изучить и влияние применения технологии “нулевой” обработки на развитие эрозионных процессов.

Результаты исследований. *Фактор эрозионного потенциала территории (Factor-R)* рассчитан и картографирован на основе среднееголетних годовых и среднееголетних за теплый период года показателей осадков. Пространственный анализ показал увеличение среднееголетних осадков за год и за теплый период года северо-восточнее оси Астана–Атбасар (рис. 1). В целом это правобережная часть р. Есиль в пределах области, представленная в рельефе низкогорно-мелкосопочными массивами Кокшетауской возвышенности и гор Ерейментау. На этих территориях осадки в год изменяются от 300 до 381 мм, за теплый период – от 200 до 274 мм. На территориях юго-западнее оси Астана–Атбасар осадки за год уменьшаются от 300 до 245 мм, за теплый период года от 200 до 157 мм. Выделяются три района с максимальными (с. Новоникольское, г. Акколь, г. Ерейментау) значениями осадков, которые по данному показателю имеют высокий потенциал развития эрозионных процессов и два района с минимальными значениями (с. Западное, с. Каскатау).

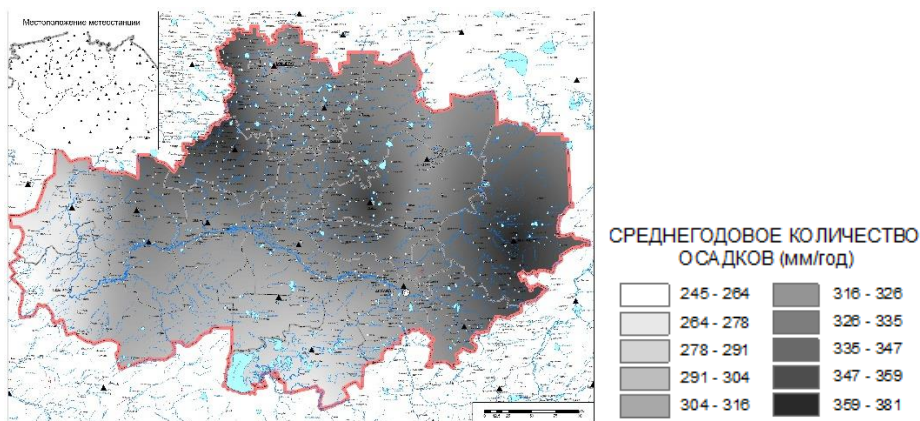


Рис. 1. Карта среднееголетних годовых значений осадков (*Factor-R*), мм/год.

Коэффициент эрозионного потенциала почвы (*Factor-K*) рассчитан для каждой из 206 площадок, на основании которых создана карта. В связи с тем, что некоторые территории области оказались мало охваченными мониторинговыми наблюдениями, для них были введены дополнительные значения в соответствии с типами почв, определенных по почвенной карте, а также результаты исследований физических и биохимических свойств почв региона по отдельным территориям [12]. Полученные значения показателей интерполированы на основе применения метода “естественной окрестности” в наборе инструментов *Spatial Analyst*. В результате для каждого пикселя карты, равного 1 км², определен коэффициент эрозионного потенциала почвы (рис. 2). Показатели варьируют от -0,145 до 1,217. Анализ свидетельствует об увеличении эрозионного потенциала почв на крайнем северо-западе, западе и юге Акмолинской области до 1...1,2. Уменьшение значения показателя до -0,14 наблюдается в восточной и юго-восточной частях региона. Кроме того, в центральной и южной частях области наблюдается значительная дифференциация показателей с наличием нескольких районов с максимальными и минимальными значениями показателя. Это связано с довольно резкой сменой почвенных разностей и их механического состава в пределах интразональных типов почв речных долин и многочисленных озерных понижений.

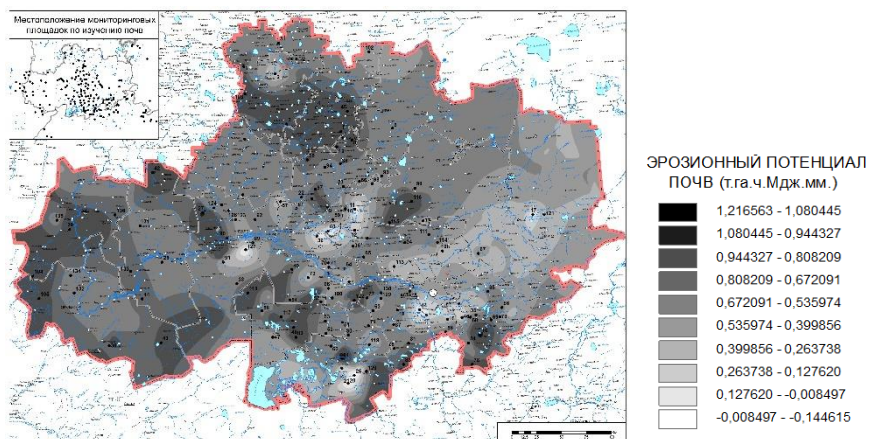


Рис. 2. Карта эрозионного потенциала почв (*Factor-K*).

Расчет показателей длины и углов наклона рельефа (*Factor-LS*). Результат обработки данных в наборе инструментов *Spatial Analyst* для каждого пикселя позволил создать карту с отображением территорий с различным соотношением длины и крутизны склонов. Карта с дифференциацией

территории по данным показателям явилась основой для выделения речных бассейнов различных порядков (рис. 3). Для более корректного выделения бассейнов и водотоков цифровая модель прошла предварительную обработку [15] с корректировкой погрешностей и получением исправленного растрового изображения территории области. Далее были определены направление стока [15] и суммарный сток для каждой ячейки раstra, как суммарного веса всех ячеек, впадающих в каждую ячейку вниз по склону выходного раstra.

На карте показаны территории с наименьшими значениями (до 0,001), характерные для выположенных водораздельных территорий, речных и озерных террас. Наибольшие значения (от 15,4 до 28,1) характерны для склонов низкогорных массивов и мелкосопочника, для которых эрозионный потенциал наиболее высок.

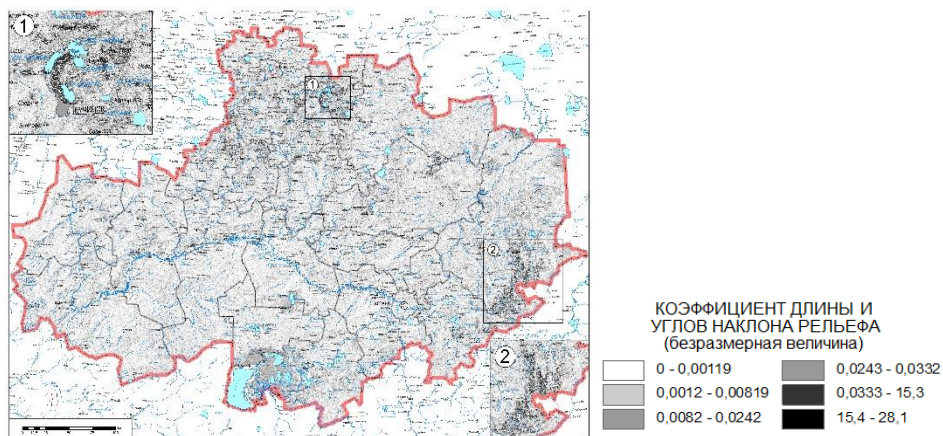


Рис. 3. Карта соотношения длины и углов наклона рельефа (*Factor-LS*).

В программном комплексе ArcGis 10.6 были вычислены площади классифицированных территорий (табл. 1.). Анализ свидетельствует о том, что для большей части территории области характерны значения коэффициента до 0,00819 (88,6 %).

Для определения биомассы и проективного покрытия растительного покрова (*Factor-C*) рассчитаны показатели максимального, минимального и среднего содержания биомассы растительности. Получены растровые изображения с показателями содержания биомассы растительного покрова по территории Акмолинской области.

Таблица 1

Площади территорий по соотношению длины и крутизны склонов

Градации	Площадь, км ²	Площадь, %
0...0,00119	82963,25	57,2
0,00119...0,00819	45580,02	31,4
0,00819...0,0242	12585,35	8,7
0,0242...0,0332	1460,65	1,0
0,0332...15,3	2510,40	1,7
15,3...28,1	0,30	0,0002

Анализ показателя проективного покрытия растительного покрова (Factor-C) на карте (рис. 4) и по табл. 2 с площадными характеристиками показывают, что наибольшие значения проективного покрытия растительности характерны для лесного фонда, приуроченного к низкогорно-мелкосопочным массивам (4,5 % территории) и долинам рек (тугайные заросли) примерно для одной трети территории. Наименьшие характеристики – для водораздельных поверхностей денудационных равнин в западной части области.

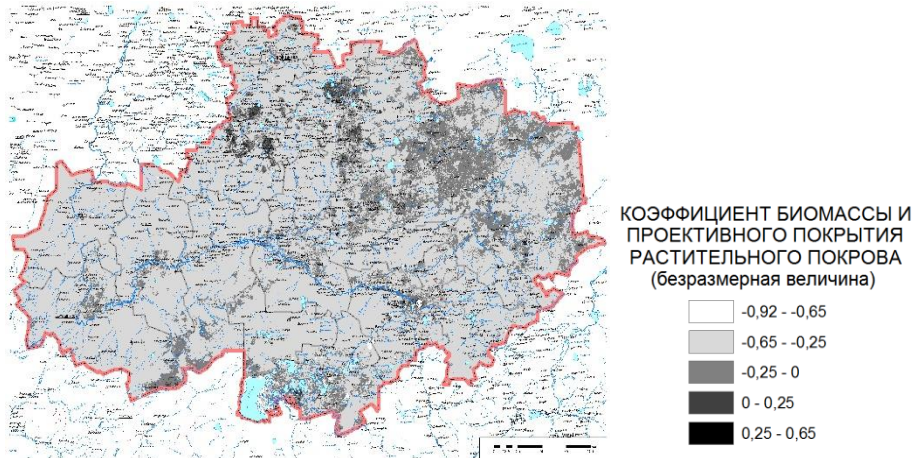


Рис. 4. Карта наличия растительного покрова, Factor-C.

Известно, что интенсивность смыва почв при высоком проективном покрытии поверхности растительностью не превышает 0,2...0,5 мм/год [24]. Даже на склонах с уклонами свыше 10° смыв наблюдается только при снижении проективного покрытия почвы до 50 % [5].

Площади распространения различных значений проективного покрытия растительности по территории области

Градации	Площадь, км ²	Площадь, %
-3,6...-0,747	589,45	0,4
-0,747...-0,678	98,31	0,07
-0,678...-0,61	248,36	0,2
-0,61...-0,542	4909,89	3,4
-0,542...-0,473	22342,53	15,4
-0,473...-0,405	30234,24	20,9
-0,405...-0,337	29426,70	20,4
-0,337...-0,268	25571,00	17,7
-0,268...-0,2	16343,47	11,3
-0,2...-0,132	7993,03	5,5
-0,132...-0,0632	3461,59	2,4
-0,0632...0,00514	1570,23	1,09
0,00514...0,587	1631,84	1,1

Фактор хозяйственной освоенности территории (Factor-P).

Наибольшее воздействие процессы плоскостного смыва оказывают на распаханые территории, особенно при использовании технологии парового поля. Здесь на сток талых и дождевых вод оказывают влияние нарезка и ориентация полей, экспозиция склонов, которые изучались на основе актуальных снимков Landsat-8 за 2018 г. При этом развиваются процессы плоскостного смыва, мелкоструйчатого размыва, на некоторых территориях и оврагообразования.

Выводы. Рельеф и формирующие его процессы являются одними из базовых компонентов природной среды, определяющих особенности хозяйственной организации территории и типы ее функционального использования. Поверхностная склоновая эрозия почв одно из самых экологически значимых, имеющих не только экологические, экономические, но и социальные последствия [6]. В соответствии с этим, изучены, рассчитаны и картографированы с применением геоинформационных технологий, актуальных космических снимков и массива мониторинговых данных основные факторы, влияющие на развитие эрозионных процессов Акмолинской области: осадки за год (Factor-R), эрозионный потенциал почвы (Factor-K), углы

наклона и длина склонов (Factor-LS), проективное покрытие растительности (Factor-C), а также степень хозяйственного освоения территории (Factor-P).

Основные расчеты проведены с использованием цифровой модели рельефа SRTM, космических снимков TERRA и Landsat-8 за лето-осень 2018 г. Для оценки значений и картографирования территорий, подверженных эрозионным процессам, использовано универсальное уравнение W. Wischmeier и D. Smith. На основе проведенных расчетов, с множеством изученных показателей, получены значения среднегодовой плоскостной эрозии почвы в тоннах на единицу площади с точностью для каждого пикселя, которые отражены на заключительной карте (рис. 5).

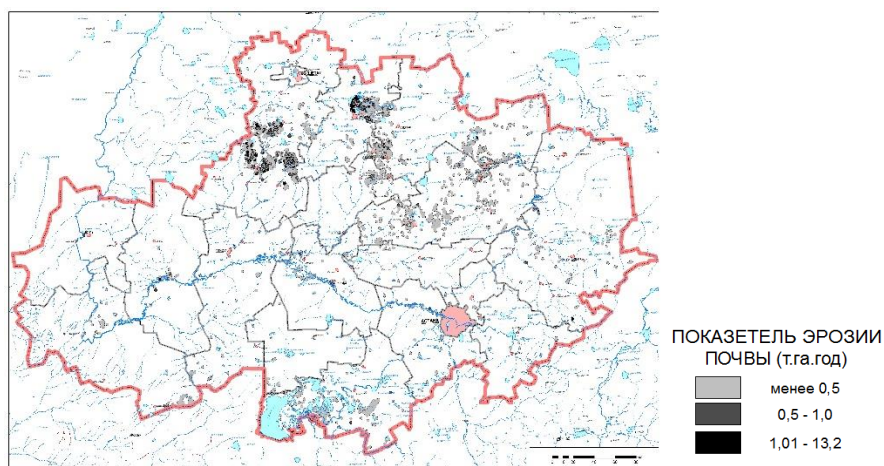


Рис. 5. Карта расчетной величины плоскостной эрозии по территории Акмолинской области, Factor-A, т/га в год.

Для оценки и картографирования воздействия хозяйственной освоенности территории на развитие эрозионных процессов, проведено районирование территории области по типу землепользования на основе космических снимков Landsat-8 (июль-сентябрь 2018 г.). При этом с *высоким* эрозионным потенциалом определены территории пашни и заселенные территории, *средним* – территории пастбищ, *низким* – территории сенокосов и лесного фонда. Результаты отражены на карте типов хозяйственного освоения (рис. 6).

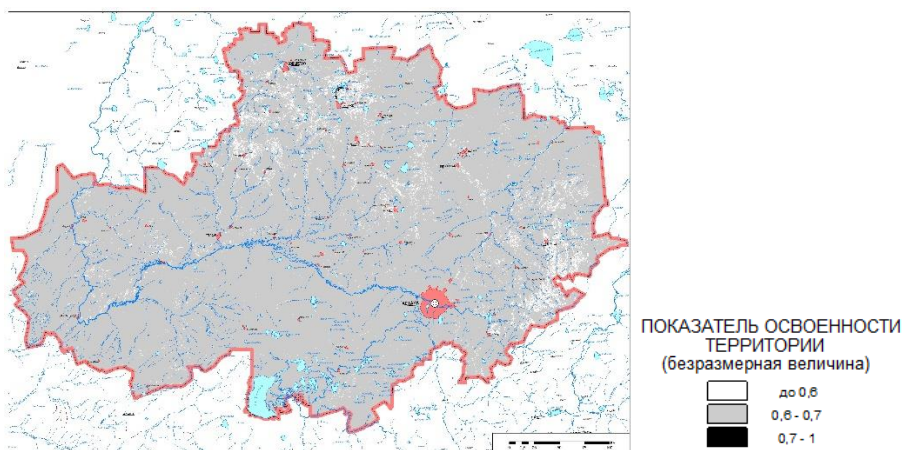


Рис. 6. Карта хозяйственной освоенности территории (Factor-P).

За период с 2000...2010 гг. произошло увеличение доли слабо смытых и среднесмытых почв области, а некоторое уменьшение доли сильносмытых почв связано с их переходом в состав прочих земель – менее эродлируемых за счет процессов пролювиальной аккумуляции.

В то же время площади смытой пашни, по данным МСХ РК, остались на прежнем уровне. Скорее всего, это связано с тем, что последний мониторинг качественной оценки земель проводился в 2010 г.

Анализ карты свидетельствует о том, что для большей части территории области характерны процессы аллювиально-пролювиальной и озерно-аллювиальной аккумуляции. Менее чем на 7 % территории области плоскостная эрозия не превышает 0,5 тонны с гектара в год. Наиболее активно плоскостная эрозия проявляется на отдельных участках склонов Зерендинского, Бурабайского, Сандыктауского и Ерейментауского низкогорно-мелкосопочных массивов и обрабатываемых склонах волнистых и увалистых водораздельных равнин. В пределах Астанинской агломерации наибольшая активность процессов плоскостного смыва характерна для западной части Аккольского, юго-западной части Целиноградского и юго-восточной части Аршалынского районов Акмолинской области.

Таким образом, применение новейших геоинформационных технологий в оценке и визуализации сложного многофакторного процесса, позволило, на основе обработки большого массива данных, получить количественные параметры высокой детальности. Полученные результаты могут стать основой для выработки комплекса превентивных противоэрозионных мероприятий в регионе.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке ГУ «Комитет науки» Министерства образования и науки Республики Казахстан (программа ИРН №АР05136087).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акиянова Ф.Ж., Васильченко Н.И. Процессы эрозии и дефляции почв Акмолинской области в условиях агломерационного развития региона // Материалы Международной конференции “Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития”. Том 1. Улан-Батор (Монголия), 8-11 сентября 2015 г. – Улан-Батор, 2015. – С. 372-376.
2. Голосов В.Н., Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. – М.: ГЕОС, 2006. – 296 с.
3. Кожакметов П.Ж., Искаков Е.А., Байбазаров Д.К. Использование стандартизированного индекса осадков (СИО) для выявления засух в Казахстане // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 1. – С.22-31.
4. Комитет по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – URL: <http://stat.gov.kz/> (дата обращения: 12.03.2019).
5. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 200 с.
6. Литвин Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 255 с.
7. Погода и климат. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pogodai-klimat.ru/> (дата обращения: 2.03.2019).
8. Природные условия и естественные ресурсы СССР. Казахстан / Отв. ред. И.П. Герасимов. М.: Наука, 1969. – 482 с.
9. Расписание погоды. [Электронный ресурс]. – URL: <http://rp5.kz/> (дата обращения: 2.03.2019).
10. Республика Казахстан. Охрана окружающей среды и экология. Т. 3 / Под ред. А.Р. Медеу. 2-е изд. Алматы: «Print-S», 2010. – 520 с.
11. Республика Казахстан. Природные условия и ресурсы. Т. 1 / Под ред. А.Р. Медеу. 2-е изд. Алматы: «Print-S», 2010. – 506 с.
12. Салихов Т. К., Салихова Т. С. Биохимические свойства почвенного покрова геосистем Зерендинского сельского округа // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 3. – С. 112-118.

13. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2018 год. МНЭ РК, 2019. – С. 275.
14. Спивак Л. Ф. и др. Возможность использования спутниковых данных при оценке засушливости на территории Казахстана // Гидрометеорология и экология. – 2016. – № 3. – С. 26-36.
15. Справочная библиотека Arcgis (Arcgis resources) [Электронный ресурс]. – URL: <http://resources.arcgis.com/ru/help/> (дата обращения: 22.03.2019).
16. Copernicus Open Access Hub. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sci-hub.copernicus.eu> (дата обращения: 15.02.2019).
17. Deering D. W. Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors // Ph. D Dissertation. Texas A&M University. – 1978. – 338 p.
18. Ha N. M., Van Dung N., Ngoc H. H. Application of USLE and GIS tool to predict soil erosion potential and proposal land cover solutions to reduce soil loss in Tay Nguyen // VIETNAM JOURNAL OF EARTH SCIENCES. – 2013. – Vol. 35. – № 4. – P. 403-410.
19. PlanetLab. [Электронный ресурс]. – URL: <https://planet.com> (дата обращения: 20.02.2019).
20. Rasool Imani, Hoda Ghasemieh, Mohammad Mirzavand. Determining and Mapping Soil Erodibility Factor (Case Study: Yamchi Watershed in Northwest of Iran) // Faculty of Natural Resources and Geoscience, University of Kashan, Kashan, Isfahan, Iran, Open Journal of Soil Science. – 2014. – Issue 4. – P.168-173.
21. Sarah Schönbrodt, Patrick Saumer, Thorsten Behrens, Christoph Seeber, Thomas Scholten. Assessing the USLE Crop and Management Factor C for Soil Erosion Modeling in a Large Mountainous Watershed in Central China // Journal of Earth Science. – 2010. – Vol. 21, No. 6. – P. 835–845.
22. Schönbrodt S. et al. Assessing the USLE crop and management factor C for soil erosion modeling in a large mountainous watershed in Central China // Journal of Earth Science. – 2010. – Т. 21. – № 6. – P. 835-845.
23. Svoboda M., Hayes M., Wood D. Standardized precipitation index user guide // World Meteorological Organization. – Geneva, Switzerland, 2012. – №1090. – 18 p.
24. Tiwary P., Bhattacharyya T., Mandal C., Dasgupta Dipanwita and Telpande B. Pedometric mapping of soil organic carbon loss using soil

erosion maps of Tripura // Current Science. – 2015. – Vol. 108. – № 7. – P. 1326-1339.

25. Web-приложение EarthExplorer. [Электронный ресурс]. – URL: <http://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 13.02.2019).
26. Wischmeier, W. H., Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning // U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No, 1978. – 537 с.

Поступила 11.01.2019

Геогр. ғылымд. докторы

Ф.Ж. Ақиянова

Е.М. Каракулов

Н.Б. Зинабдин

Ауыл шаруаш. ғылымд. кандидаты

Н.И. Васильченко

АҚМОЛА ОБЛЫСЫ АУМАҒЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА ЖАЗЫҚТЫҚ ЭРОЗИЯНЫ БАҒАЛАУ ҮШІН ҚАШЫҚТЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ

Түйін сөздер: жазықтық эрозия, эрозияның даму факторлары, жер бедерінің сандық моделі, Ақмола облысы, Қазақстан.

Мақалада Қазақстанның ірі бидай егін аймағы – Ақмола облысының белсенді игерілген аумақтарының мысалында эрозиялық үдерістерді сандық бағалау нәтижелері баяндалған. Алғашқы рет эрозиялық үдерістерді бағалау және картографиялау үшін климаттық және топырақтық елеулі массив деректерін, далалық зерттеулер нәтижелерін талдаумен қатар геоақпараттық технологияларымен Жерді қашықтықтан зондау деректері пайдаланылды. Нәтижесінде эрозиялық үдерістерінің сандық көрсеткіштерімен "Ақмола облысы аумағының жазықтық эрозиясының картасы" құрылды. Облыс аумағының үлкен бөлігіне жылдық жазықтық шайындылардың көрсеткіштері 0,5 т/га дейін тән, ал толқындық су бөлу жазықтықтарының өнделетін баурайлары және төменгі таулы-ұсақ шоқ алқаптарын жиектейтін массивтер үшін көрсеткіштің жылына 13,2 т/га дейін ұлғаюы тән. Топырақтың ең құнды жоғарғы қабаты жазықтық эрозия үдерістерісімен шығарылуымен байланысты, үдерістің дамуының сандық параметрлерін алуының практикалық маңызы зор. Нәтижелер жерді игеру және топырақты эрозияға қарсы қорғауды жайластыру кезінде ескерілуі тиіс.

F.Zh. Akiyanova, Ye.M. Karakulov, N.B. Zinabdin, N.I. Vasilchenko
**APPLICATION OF REMOTE DATA ANALYSIS METHODS FOR THE
ASSESSMENT OF SHEET EROSION ON THE EXAMPLE OF
AKMOLA REGION**

Keywords: sheet erosion, erosion development factors, digital elevation model, Akmola Region, Kazakhstan.

The article shows the results of a quantitative assessment of erosion processes on the example of actively developed territories of a large grain-producing region of Kazakhstan - Akmola Region. Geoinformation technologies and Earth Remote Sensing Data are first used for the assessment and mapping of the erosion processes along with the analysis of a significant array of climatic and soil data and field studies. As a result of research, the map with quantitative indicators of sheet erosion on the territory of Akmola region has been made. For most of the area minimum values of planar flushing are representative (up to 0,5 t/ha per year), the increase of this rate to 13,2 t/ha per year is typical for cultivated slopes and watershed steeply sloping plains, flanking lowland-hummocky arrays. Due to the fact that the most valuable topsoil is removed by processes of sheet erosion, obtaining quantitative parameters of the development of the process is of great practical importance. The results should be taken into account in the development of land and arrangement of soil erosion protection.