

**Н.Б. Маханова^{1*}, Ж.Г. Берденов¹ , К.К. Абильдинов¹,
Е.Х. Мендыбаев²**

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г. Нур-Султан

²Актюбинский Региональный Государственный университет им. К. Жубанова, Казахстан, г. Актюбе

*e-mail: makhanova.nursaule@mail.ru

ОЦЕНКА ЭРОЗИИ ПОЧВ ПО МОДЕЛИ «RUSLE» БАСЕЙНА РЕКИ ЖЫЛАНДЫ

Эрозия почв – это серьезная проблема, возникающая в результате интенсификации сельского хозяйства, деградации земель и другой антропогенной деятельности. Оценка эрозии почв полезна при планировании и проведении природоохранных работ на водоразделе или в бассейне. Моделирование может обеспечить количественный и последовательный подход к оценке эрозии почв и выхода донных отложений в широком диапазоне условий. В настоящем исследовании для оценки потерь почвы в бассейне Жыланды, расположенном в северной части Казахстана, было использовано универсальное уравнение потерь почвы (RUSLE), интегрированное с ГИС. Параметры модели RUSLE оценивались с использованием данных дистанционного зондирования Земли, а зоны вероятности эрозии определялись с помощью ГИС. Расчётные показатели эродированности почв колеблются от 0,001 до 1,631 т/год. Полученные результаты свидетельствуют о том, что предполагаемая общая годовая потенциальная потеря почвы составляет около 189,17 т/год. Прогнозируемая скорость эрозии почв в связи с увеличением площади сельскохозяйственных угодий составляет около 250 т/год. В результате исследования получена карта вероятностной зоны эрозии методом взвешенного индекса наложения, которая показывает, что значительная часть исследуемой области попадает в зону высокой и очень высокой вероятности эрозионного процесса.

Ключевые слова: почва, эрозия, бассейн реки, моделирование, ГИС.

N.B. Mahanova^{1*}, Zh.G. Berdenov¹, K.K. Abildinov¹, E.H. Mendybaev²

¹Eurasian National University. L.N. Gumilyov, Kazakhstan, Nur-Sultan

²Aktobe Regional State University named after K. Zhubanova, Kazakhstan, Aktobe

*e-mail: makhanova.nursaule@mail.ru

Estimation of soil erosion by the “Rusle” model of the zhylandy river basin

Soil erosion is a serious problem resulting from agricultural intensification, land degradation and other anthropogenic activities. Soil erosion assessment is useful when planning and conducting conservation work on a watershed or basin. Modeling can provide a quantitative and consistent approach to estimating soil erosion and sediment release over a wide range of conditions. In this study, the universal soil loss equation (RUSLE) integrated with GIS was used to estimate soil loss in the Zhylanda basin located in the Northern part of Kazakhstan. Parameters of the RUSLE model were estimated using remote sensing Data, and zones of probability of erosion were determined using GIS. Estimated indicators of soil erodibility range from 0.001 to 1.631 t / year. The results obtained indicate that the estimated total annual potential soil loss is about 189.17 t / year. The predicted rate of soil erosion due to the increase in the area of agricultural land is about 250 t / year. As a result of the study, a map of the probability zone of erosion was obtained using the weighted overlay index method, which shows that a significant part of the studied area falls into the zone of high and very high probability of an erosion process.

Key words: soil, erosion, river basin, modeling, GIS.

Н.Б. Маханова^{1*}, Ж.Г. Берденов¹, К.К. Абильдинов¹, Е.Х. Мендыбаев²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

²К. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Қазақстан, Ақтөбе қ.

*e-mail: makhanova.nursaule@mail.ru

Жыланды өзені алабының «Rusle» моделі бойынша топырақ эрозиясын бағалау

Топырақ эрозиясы – ауылшаруашылығының интенсификациясы нәтижесінен, жердің деградациясы және басқа антропогендік әрекеттерден туындайтын күрделі мәселе болып

есептеледі. Топырақ эрозиясын бағалау жұмыстары суайрықтарда немесе өзен алаптарында экологиялық жоспарлау кезінде жүргізіледі. Сондықтан модельдеу топырақтың эрозиясын және шөгінділердің өнімділігін бағалаудың сандық және дәйекті тәсілін әр түрлі жағдайда қамтамасыз ете алады. Осы зерттеуде Қазақстанның солтүстік бөлігінде орналасқан Жыланды өзенінің алабындағы топырақ шығынын бағалау үшін ГАЖ-бен біріктірілген топырақ шығынының әмбебап формуласы (RUSLE) қолданылды. RUSLE моделінің параметрлері Жерді қашықтықтан зондтау деректерін қолдану арқылы бағаланды, ал мүмкін болатын эрозия аймақтары ГАЖ көмегімен анықталды. Топырақтың тозуының есептік көрсеткіштері жылына 0,001-ден 1,631 т-ға дейін ауытқиды. Алынған нәтижелер топырақтың жыл сайынғы ықтимал шығынының жылына шамамен 189,17 т құрайтындығын көрсетеді. Ауылшаруашылық жерлерінің ұлғаюына байланысты топырақ эрозиясының болжамды қарқыны жылына 250 т құрайды. Зерттеу нәтижесінде өлшенген қабаттасу индексі әдісін қолдана отырып, эрозияның ықтимал аймағының картасы алынды, сонымен қатар зерттелінген аймақтың едәуір бөлігі эрозия процесінің жоғары және өте жоғары ықтималдық аймағына түсетіндігі анықталды.

Түйін сөздер: топырақ, эрозия, өзен алабы, модельдеу, ГАЖ.

Введение

Деградация сельскохозяйственных земель в результате эрозии почв является общемировым явлением, приводящим к потере богатой питательными веществами поверхностной почвы, увеличению стока из более непроницаемых недр и снижению доступности воды для растений. Таким образом, оценка потерь почв и определение критической зоны для внедрения наилучшей практики управления является центральным фактором успеха программы сохранения почв (Г. В. Добровольский и др. 2002: 654). Общая площадь земель, подверженных антропогенной деградации почв, оценивается примерно в 2 миллиарда гектаров (Гендугов, В. М.2016:62; Заславский, М. Н.1983: 320). Таким образом, площадь земель, подверженных деградации почв в результате эрозии, оценивается в 1100 Мга водной эрозии и 550 Мга ветровой эрозии (Заславский, М. Н.1983: 320). Эрозия почв в Казахстане оказывает значительное влияние на сельскохозяйственный сектор. (Заиливание водоемов, деградация почв и т. д.) По данным Комитета по управлению земельными ресурсами Министерства сельского хозяйства РК в стране почти 30,5 млн гектаров земли, то есть 11% от общей площади географической поверхности, подвержены серьезной эрозии почвы через ущелья и овраги, смещение обработки, культивируемые пустоши, песчаные районы, пустыни и заболочивание. Чрезмерная эрозия почв с вытекающей из этого высокой скоростью осаднения в водохранилищах и снижением плодородия стала серьезной экологической проблемой для страны с катастрофическими экономическими последствиями (Кузнецов, М. С. 1992:95).

Процесс эрозии почв модифицируется биологической средой, включающей почву, климат, рельеф, почвенный покров и взаимодействие между ними. Важными характеристиками рельефа, влияющими на механизм эрозии почвы, являются уклон, длина, вид и форма. Влияние уклона и аспекта будет играть важную роль в механизме стока. Чем больше уклон, тем больше сток и тем самым уменьшается инфильтрация. Сток, образующийся со склона, найдет путь поблизости, и это приведет к эрозии почвы по мере увеличения скорости стока. Эрозия – это естественное геологическое явление, возникающее в результате удаления частиц почвы водой или ветром, переноса их в другое место, в то время как некоторые виды человеческой деятельности, такие как сельскохозяйственная практика, преобразование лесов в сельское хозяйство и т. д., увеличивают скорость эрозии. Эрозия вызывается сочетанием таких факторов, как крутые склоны, климат (например, длительные засушливые периоды, сопровождающиеся обильными осадками), неправильное землепользование и структура почвенного покрова. Кроме того, некоторые внутренние особенности почвы могут сделать ее более подверженной эрозии. Эффективное моделирование может предоставить информацию о текущей эрозии, ее тенденциях и позволить провести сценарный анализ (Г. С. Куст, О. В. Андреева, И. С. Зонн - М. : Перо, 2018: 107).

Значительные усилия были потрачены на разработку моделей эрозии почв (Ларионов, Г. А. 1993: 200; Мирцхулава, Ц. Е.1988: 303; А. С. Керженцев, Р. Майснер 2006: 224; А. Д. Воронин, М. С. Кузнецов: 1970: 99-115). Эрозия почв и деградация земельных ресурсов являются существенными проблемами во многих странах (А. О. Гаврилица 1993: 77-84). Часто количествен-

ная оценка необходима для того, чтобы сделать вывод о масштабах проблем эрозии почв, с тем чтобы можно было разработать рациональные стратегии управления на региональной основе с помощью полевых измерений. Кроме того, имитационные модели эрозии почв могут быть использованы для оценки альтернативных сценариев управления земельными ресурсами как в измеряемых, так и в не измеряемых бассейнах. Как и в случае управления водными ресурсами, принятие решений по управлению земельными ресурсами может быть реализовано путем разработки ряда альтернативных сценариев землепользования и оценки их результатов с использованием моделей эрозии почв (М. Н. Заславский: 1979: 245). Основной проблемой в отношении моделей риска эрозии является валидация, поскольку практически отсутствуют данные для сравнения оценок моделей с фактическими потерями почвы (Н. И. Маккавеев 1955: 348). Существует несколько моделей эрозии почв различной степени сложности. Одной из наиболее широко применяемых эмпирических моделей для оценки листовой и рыхлой эрозии является универсальное уравнение потерь почвы (USLE), разработанное Вишмайером и Смитом в 1965 году. Руководство по сельскому хозяйству 703 (Ц. Е. Мирцхулава 1967: 179) представляет собой руководство по планированию охраны природы с помощью RUSLE. Первоначально USLE был разработан главным образом для оценки эрозии почвы на пахотных землях или пологом рельефе. С его пересмотренными (RUSLE) и модифицированными (MUSLE) версиями (Ц. Е. Мирцхулава 1970: 239) USLE все еще используется в большом количестве исследований по оценке потерь почвы.

Использование традиционных методов оценки риска эрозии почв является дорогостоящим и трудоемким процессом. Интеграция существующих моделей эрозии почв, полевых данных и данных, полученных с помощью технологий дистанционного зондирования с использованием географических информационных систем (ГИС), по-видимому, является преимуществом для дальнейших исследований (Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978: 282). ЦМР (Цифровая модель рельефа) является одним из основных входных данных, необходимых для моделирования эрозии почв, которое может быть создано путем анализа стереоскопических оптических и микроволновых данных дистанционного зондирования (SAR) (Kim, H.S. 2006). Модель RUSLE может предсказывать потенциал эрозии на кле-

точной основе (W. H. Wischmeier, D. D. Smith, 1978: 65) что эффективно при попытке определить пространственную структуру потерь почвы, имеющих место в пределах большого региона. Затем ГИС можно использовать для выделения и запроса этих местоположений, чтобы определить роль отдельных переменных, влияющих на наблюдаемое значение потенциала эрозии. Учитывая вышеизложенные аспекты, цели настоящего исследования заключаются в следующем: (1) разработать методологию, объединяющую данные дистанционного зондирования и ГИС с универсальным уравнением потерь почвы (RUSLE) для оценки пространственного распределения эрозии почвы в масштабе водосбора; (2) проанализировать влияние изменений землепользования/почвенного покрова на эрозию с использованием дистанционного зондирования и ГИС и (3) очертить зоны вероятности эрозии почвы методом наложения.

Территория и методы исследования

Бассейн Жыланды (рис. 1) занимает площадь 3716 км² и расположен в северо-восточной части Сарыаркинского мелкосопочника, Северный Казахстан. Протекает через Сандыктауский и Атбасарский районы Акмолинской области. Берет начало на юге горы Жыланды на плато Кокшетау и впадает в реку Жабай, к северо-востоку от Атбасара. Длина реки – 140 км (Жыланды // Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2005: Т. II). В настоящем исследовании для оценки потерь почвы в бассейне использовались спутниковые снимки, данные о почве, ЦМР и осадках (рис. 1).

Геология и почвенный состав. Породы фундамента в бассейне относятся к каледонскому возрасту и являются одними из старейших горных пород Казахского мелкосопочника. Генезис – это предварительные скальные образования бассейна. В бассейне обнаружены два типа почв – обыкновенные, южные и южно-солонцеватые черноземы а так же пойменные луговые (рис. 2).

Климат – умеренный, резко-континентальный, с продолжительной, холодной зимой (-19 °С) и относительно жарким летом (+19 °С). Осадки в год в среднем 250-300 мм. Основная доля осадков выпадает весной и летом. Средняя амплитуда температур составляет 40 °С. Стоит отметить, что на территории бассейна зарегистрирована самая низкая температура в РК – (-53 °С) (территория Атбасарского района) (Национальная энциклопедия, 2005).

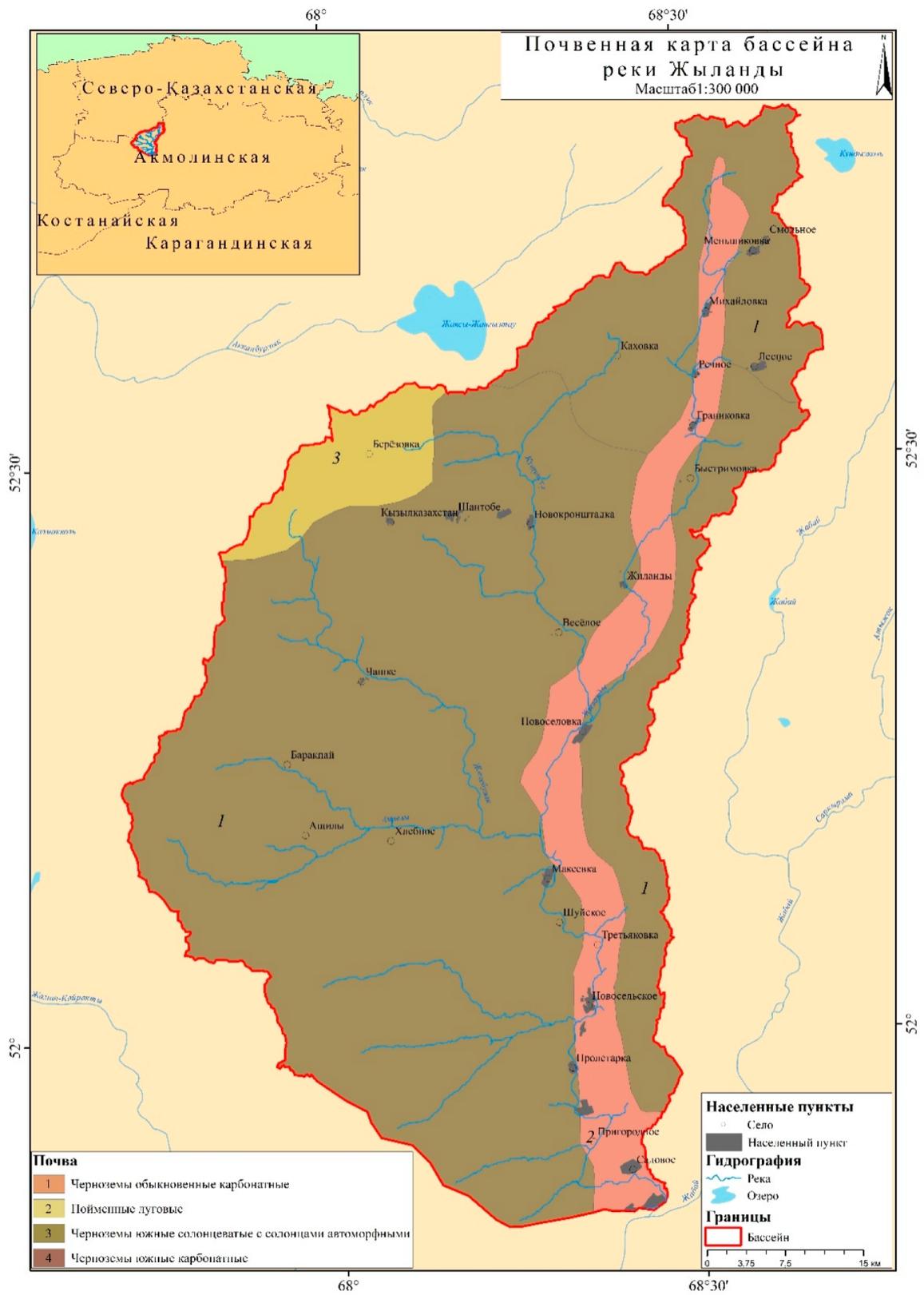


Рисунок 2 – Типы почв бассейна реки Жыланды

Умеренный, континентальный климат в степной зоне способствовал развитию следующих растительных формаций: на территории бассейна в основном преобладает степная, засушливая разнотравно-ковыльная растительность. В северной части встречаются березовые и осиновые леса на возвышенности Кокшетау (Национальная энциклопедия, 2005).

Проблемы, связанные с эрозией почвы, перемещением и отложением наносов в реках, озерах и эстуариях, сохраняются на протяжении геологического возраста почти во всех частях земли. Тем не менее, в последнее время ситуация обострилась из-за все большего вмешательства человека в окружающую среду. Таким образом, целесообразно разработать и использовать эмпирические модели. Отсутствие данных, таких как осаднение наносов, интенсивность осадков с более короткими интервалами (менее 30 мин) в исследуемой области, ограничило возможности выбора интенсивных моделей, таких как USPED, WEPP, модуль эрозии почвы в SWAT (почвенный и инструмент оценки воды) модель. Поэтому модель RUSLE была выбрана и применена в исследуемой области, поскольку для нее требуется карта земельного покрова, которая может быть создана с помощью изображений дистанционного зондирования, методов управления, типов и свойств почв. Другое преимущество выбора RUSLE состоит в том, что параметры этой модели можно легко интегрировать с ГИС для лучшего анализа. Основная цель настоящего исследования – объединить модель RUSLE с методами дистанционного зондирования и ГИС для оценки риска эрозии в бассейне реки Жыланды. Методология описывает основные концепции, процедуры модели RUSLE для оценки параметров и прогнозирования параметров модели RUSLE. Параметры модели RUSLE были оценены на основе количества осадков, ЦМР, типа почвы и земного покрова.

Оценка параметра RUSLE.

RUSLE – это метод, наиболее широко используемый во всем мире для прогнозирования долгосрочных темпов эрозии между ручьями и ручьями на участках размером поля или фермы с учетом различных методов управления. Настоящее исследование было начато с разграничения бассейна реки Жыланды на топографическом листе Обзора Акмолинской области в масштабе 1: 500000 с использованием программного обеспечения ArcGIS 10.4. Подготовленная базовая карта была затем использована для извлечения исследуемой области из спутникового изобра-

жения (спутник Landsat 8) и DEM (цифровая модель рельефа, полученная с помощью картографического спутника).

В основе RUSLE лежит допущение, что отслоение и отложение контролируются содержанием наносов в потоке. Источник разрушенного материала неограничен, но эрозия ограничена пропускной способностью потока. Когда количество наносов достигает пропускной способности потока, отслоение больше не может происходить. Осаждение также должно происходить во время отступающей части гидрографа по мере уменьшения расхода (Kim, 2006).

В этом исследовании RUSLE использовался для оценки ежегодной потери почвы. RUSLE был разработан для прогнозирования долгосрочных средних годовых потерь почвы. Современный компьютерный интерфейс упрощает использование RUSLE и использует физически значимые входные значения, которые широко доступны в существующих базах данных или могут быть легко получены из DEM и спутниковых изображений. RUSLE – это лучшая доступная практическая модель прогнозирования эрозии, которую можно легко применить на местном или региональном уровне. Полученные данные из DEM могут быть легко интегрированы с RUSLE. RUSLE применяется к бассейну Жыланды путем представления бассейна в виде сетки квадратных ячеек и расчета эрозии почвы для каждой ячейки. RUSLE (Wischmeier and Smith, 1978) вычислил среднегодовую эрозию, ожидаемую на склонах поля, используя формулу (1).

$$A = R * K * LS * C * P (1)$$

где A – вычисленная средняя пространственная потеря почвы и средняя временная потеря почвы на единицу площади, выраженные в единицах, выбранных для K и для периода, выбранного для R. На практике они обычно выбираются так, чтобы A выражалось в тоннах на гектар на год (т га/год) (но можно выбрать другие единицы (т. е. т акр/год)); R – коэффициент эрозии дождевого стока – индекс дождевой эрозии плюс коэффициент любого значительного стока в результате таяния снега; K – коэффициент эрозии и коэффициент потери почвы на единицу индекса эрозии для определенного типа почв, измеренный на стандартном участке; L – коэффициент длины откоса, отношение потерь почвы с длины склона поля к потере почвы с длины 72,6 фута при идентичных условиях; S – коэффициент крутизны склона, отношение потерь почвы из-за

уклона поля к потере почвы из-за уклона 9% при прочих идентичных условиях; С – коэффициент управления покровом, отношение потерь почвы с участка с заданным покрытием и управлением к потере почвы с идентичной площади в вспаханном сплошном пару; Р – коэффициент практики поддержки, соотношение потерь почвы при использовании таких методов поддержки, как контурная обработка, обрезка полос или террасирование, к потере почвы при прямолинейном земледелии вверх и вниз по склону; Коэффициенты L и S означают безразмерное влияние длины и крутизны откосов, а С и Р представляют безразмерные воздействия систем земледелия и управления, а также методов борьбы с эрозией.

Все безразмерные параметры нормализованы относительно условий единичного участка, что подтвердило полезность и пригодность RUSLE для этой цели. В целом, параметры уравнения RUSLE были сгруппированы в два класса, а именно: эрозионность и факторы управления. Все эти параметры были определены на основании геоморфологических характеристик и характеристик осадков.

Коэффициент эрозии дождя (R)

Коэффициент эрозии дождя (R) отражает влияние интенсивности дождя на эрозию почвы и требует подробных, непрерывных данных об осадках для его расчета (Wischmeier and Smith, 1978). R указывает на две наиболее важные характеристики шторма, определяющие его эрози-

онную активность, а именно количество осадков и пиковую интенсивность, поддерживаемую в течение длительного периода. Предыдущие исследования показывают, что потеря почвы с возделываемых полей напрямую связана с энергией и интенсивностью каждого дождя. Значение коэффициента эрозии дождя, используемого в RUSLE, должно количественно определять эффект воздействия дождевых капель, а также отражать количество и скорость стока, которые могут быть связаны с осадками. Коэффициент эрозии дождя часто определяется по интенсивности дождя, если такие данные доступны. В настоящем исследовании ежемесячные данные о количестве осадков за 10 лет (2000–2009 гг.) использовались для расчета R-фактора по формуле (2), разработанной Вишмайером и Смитом (1978):

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

где P – среднегодовое количество осадков

Анализ

Пространственное распределение среднегодовых осадков (P) на исследуемой территории оценивается с помощью метода интерполяции «Кригинга». В процессе интерполяции были учтены данные об осадках РК, составленные НИИ. На рисунке 3 (а, б) показана карта эрозионной активности осадков, подготовленная на основе данных об осадках в исследуемой области.

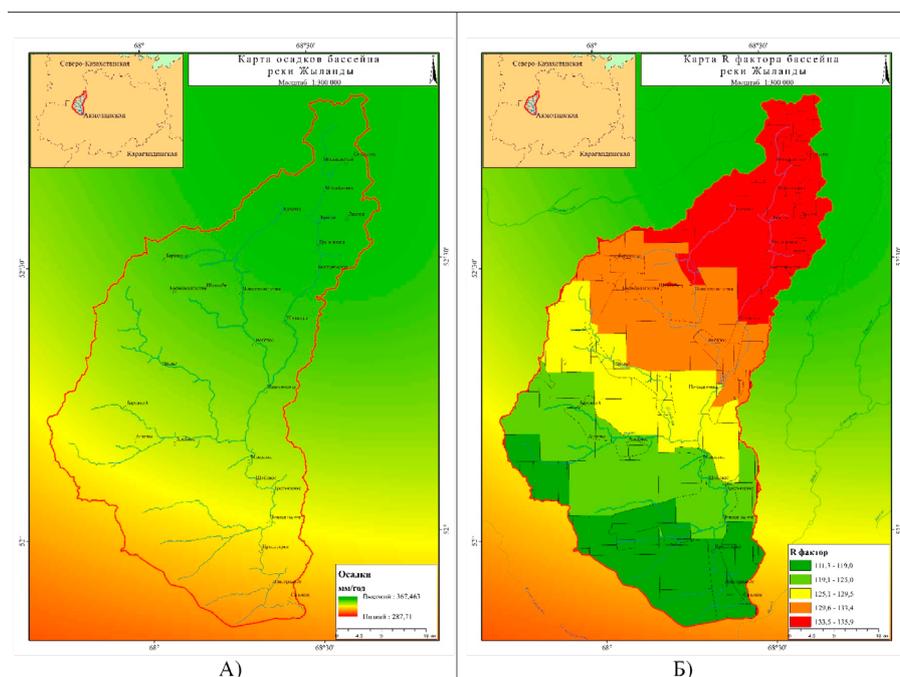


Рисунок 3 – Эрозионная активность бассейна р. Жыланды; а – осадки в год, б – «R» фактор бассейна

Коэффициент эрозии почвы (K)

Коэффициент эродуемости почвы (K) представляет восприимчивость почвы или поверхностного материала к эрозии, транспортабельность наносов, а также количество и скорость стока с учетом конкретного количества осадков, измеренных при стандартных условиях. Станд-

дартным условием является единичный участок длиной 22,6 м с уклоном 9%, поддерживаемый под паром, обрабатываемый вверх и вниз по склону холма (Kim, 2006). Коэффициент эродуемости почвы K оценивался на основе константного выражения определенного механического состава почв (Wischmeier and Smith, 1978) (рис. 4).

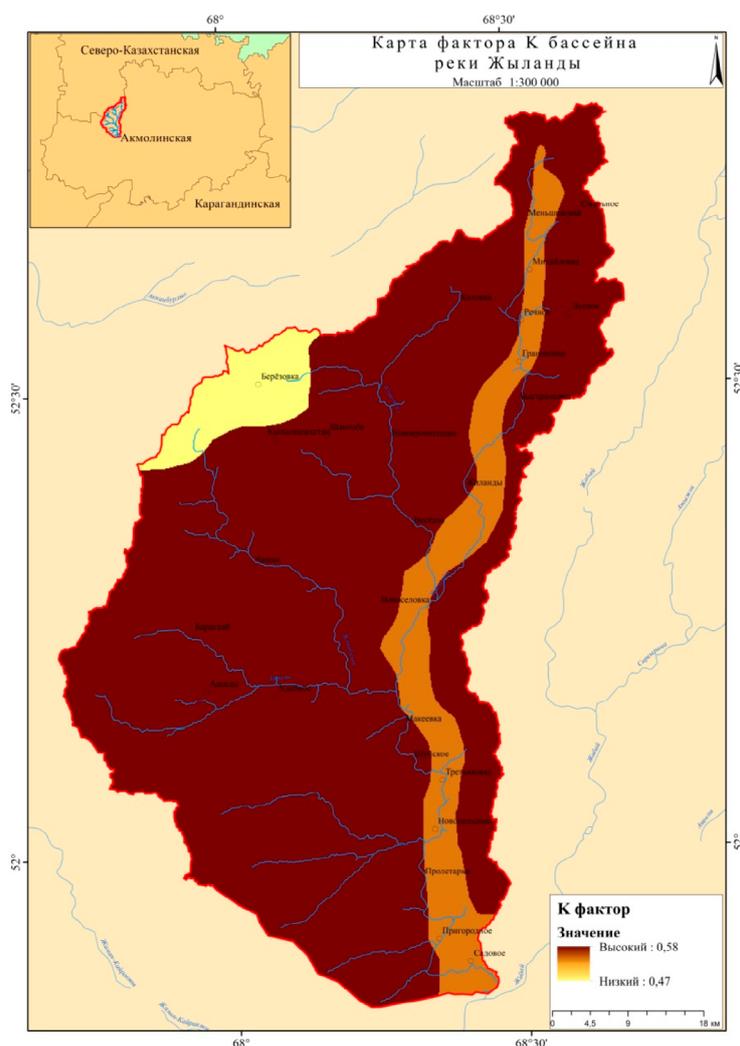


Рисунок 4 – «K» фактор бассейна реки Жыланды

Как правило, глинистые почвы имеют низкое значение K, потому что эти почвы устойчивы к отслаиванию. Песчаные почвы также имеют низкие значения K из-за высокой скорости инфильтрации и уменьшения стока, а также из-за того, что отложения, эродированные из этих почв, нелегко переносятся. Илово-суглинистые почвы имеют средние и высокие значения K, так как частицы почвы от умеренного до легко отде-

ляются, инфильтрация от умеренной до низкой, с образованием от умеренного до высокого стока, а осадок от умеренного до легко переносится. Иловые почвы имеют самые высокие значения K, поскольку эти почвы легко образуют корку, производя высокие скорости и количества стока. На территории бассейна встречаются лишь глинистые, тяжелосуглинистые и слоистые почвы различного состава (суглинок, песок) (рис. 5).

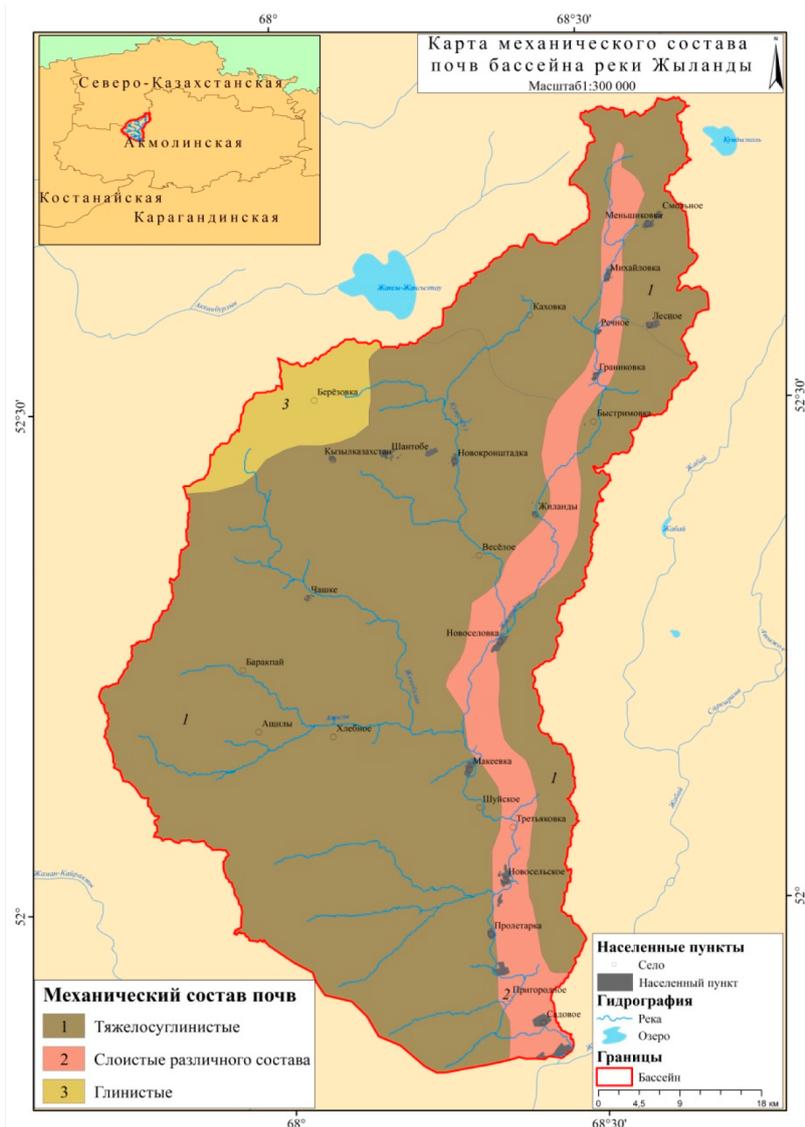


Рисунок 5 – Механический состав почв бассейна реки Жыланды

Топографический фактор (LS)

Топографический фактор представляет собой отношение потерь почвы при заданных условиях к потере почвы на участке со «стандартной» крутизной откоса 9% и длиной откоса 22,6 м. Топографический фактор состоит из двух факторов: длины склона (L) и крутизны склона (S). Длина откоса (L) – это влияние длины откоса на эрозию. Длина откоса определяется как расстояние от точки происхождения наземного потока до точки, где либо уклон уменьшается до такой степени, что начинается осаднение, либо сточные воды попадают в четко обозначенный канал. Таким образом, потери почвы на единицу площади увеличиваются с увеличением длины откоса.

Крутизна склона (S) отражает влияние крутизны склона на эрозию. Влияние крутизны склона больше влияет на потерю почвы, чем длина склона. Чем круче склон, тем больше эрозия. Наихудшая эрозия возникает между 10 и 25% уклона. Следовательно, топографический фактор рассчитывается по формуле (3):

$$L * S \quad (3)$$

По константным выражениям из таблицы, составленной Wischmeier и Smith (1978), карта уклона в процентах была подготовлена на основе ЦМР для бассейна реки Жыланды, как показано на рисунке 6 и рассчитана с помощью готовой таблицы (рис. 7).

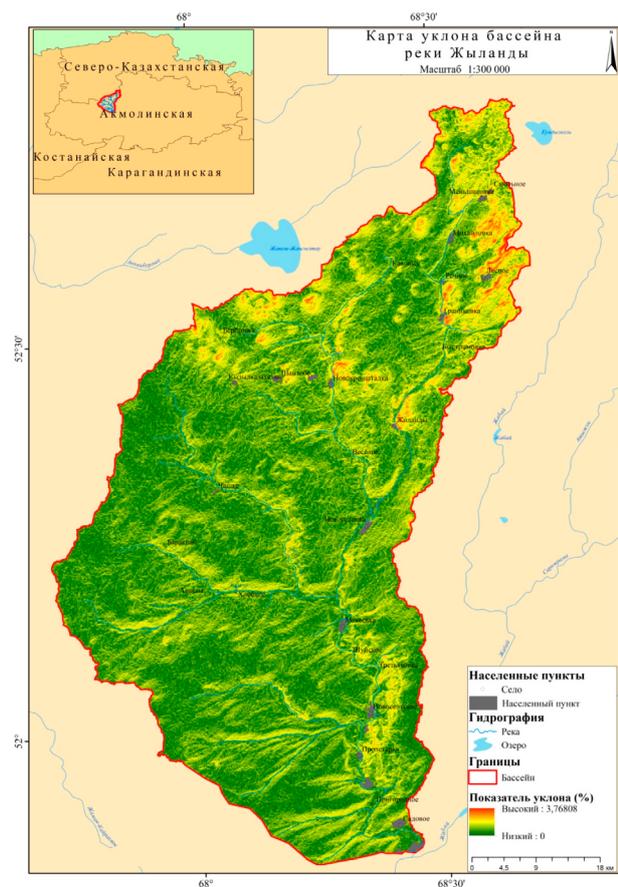


Рисунок 6 – Уклон в % бассейна реки Жыланды

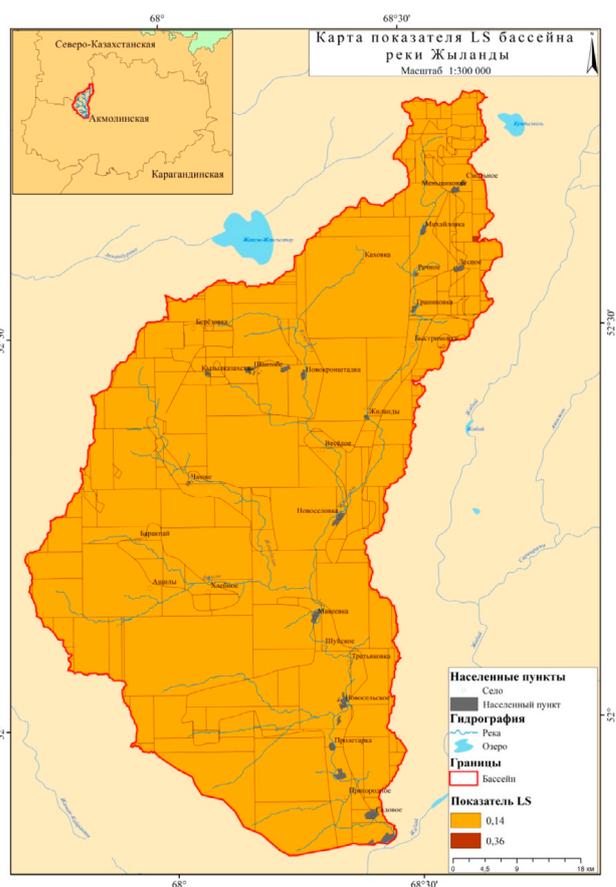


Рисунок 7 – LS-фактор для бассейна реки Жыланды

Фактор управления урожаем (C)

«С» фактор является наиболее важным значением для управления растениеводством. Так как С-фактор недоступен для большинства казахстанских культур. Таким образом, С фактор использовался, чтобы показать влияние возделывания сельскохозяйственных культур и методов управления на скорость эрозии почвы на сельскохозяйственных землях. Воздействие растительного покрова и почвенного покрова на снижение эрозии почвы в лесных регионах (Renard et al., 1997) варьируется в зависимости от сезона и системы растениеводства. Сезонное изменение С-фактора зависит от многих факторов, таких как количество осадков, сельскохозяйственная практика, тип сельскохозяйственных культур и т. д.

Карта факторов управления посевами (рис. 8) была подготовлена на основе карты землепользования и земельного покрова исследуемой территории. Земельный покров бассейна реки Жыланды был классифицирован по трем классам землепользования и земельного покрова, а именно: лесная площадь, пахотные земли

и пастбища. Это основные особенности землепользования и земельного покрова в бассейне реки Жыланды. Изображение со спутника Landsat-8 было обработано для выделения этих 3 классов землепользования и земельного покрова с использованием метода контролируемой классификации. Метод контролируемой классификации – это метод, который требует наземной достоверной информации для каждой категории землепользования и земельного покрова, собранной с использованием глобальной системы позиционирования (GPS) и обученной алгоритму извлечения этих трех землепользований и земельного покрова. Общая точность контролируемого метода классификации составила около 82%. Были рассчитаны площади, связанные с каждым классом землепользования и земельного покрова, и были присвоены С-факторы (Таб. 3) (рис. 9). С-значения использовались в настоящем исследовании, предложенном Kim et al. (2005). Карта землепользования-земельного покрова была реклассифицирована на основе значения С-фактора для создания карты С-фактора.

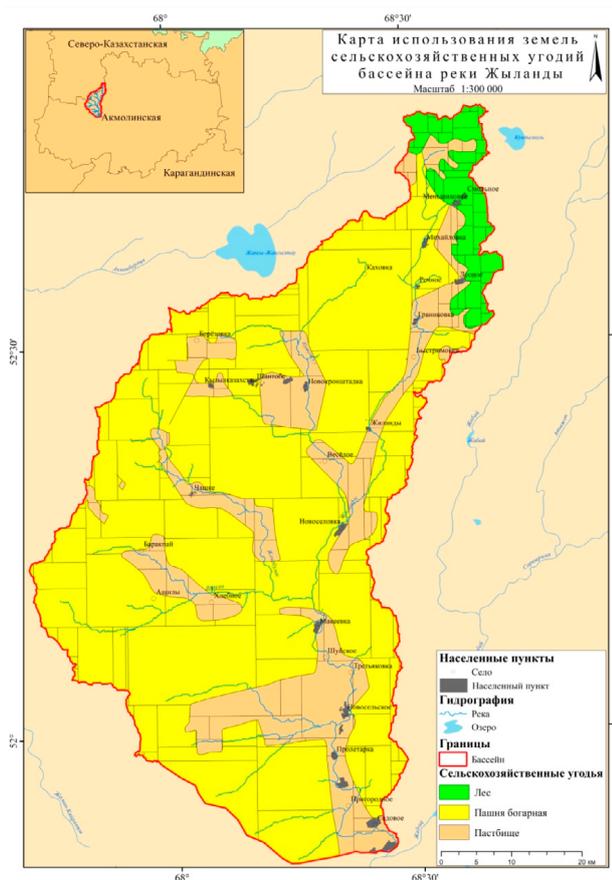


Рисунок 8 – Сельскохозяйственные угодья бассейна реки Жыланды

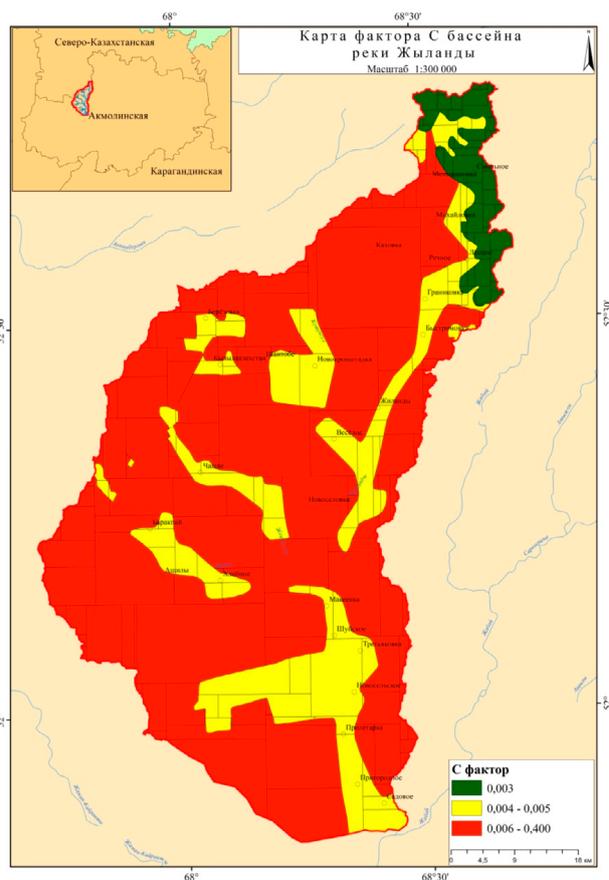


Рисунок 9 – С-фактор бассейна реки Жыланды

Фактор природоохранной поддержки (P)

Фактор природоохранной практики (P) представляет собой отношение потери почвы при использовании вспомогательной техники к потере почвы при выращивании в прямом ряду вверх и вниз по склону и используется для учета положительного воздействия этих вспомогательных методов. Фактор P учитывает методы контроля, которые снижают эрозионный потенциал стока за счет их влияния на структуру дренажа, концентрацию стока, скорость стока и гидравлические силы, оказываемые стоком на почву. Значение коэффициента P варьируется от 0 до 1, значение, приближающееся к 0, указывает на хорошую практику сохранения, а значение, приближающееся к 1, указывает на плохую практику сохранения. Поскольку отсутствуют полевые данные о методах сохранения, которые применялись в бассейне реки Жыланды, основное значение P-фактора было принято за 0,5, поскольку большая часть исследуемой территории покрыта пашнями.

Результаты исследования

В рамках моделирования RUSLE эрозионность дождя, эродируемость почвы и топографические факторы могут рассматриваться как естественные факторы, определяющие процессы эрозии на сельскохозяйственные угодья и другие используемые и неиспользуемые земли. Вместе они могут рассматриваться как подверженность эрозии или потенциальная эрозия почвы для данного района.

Коэффициенты всех факторов рассчитывались по формуле RUSLE и определялась степень эрозии почв в бассейне реки.

Ранее данные для каждого фактора основывались на универсальной формуле, разработанной Wischmeier, Smith в таблице атрибутов ArcGis 10.4, и в результате было рассчитано и нанесено на карту значение фактора A, то есть выщелачивания в результате водной эрозии почвы (Рис. 8, 10).

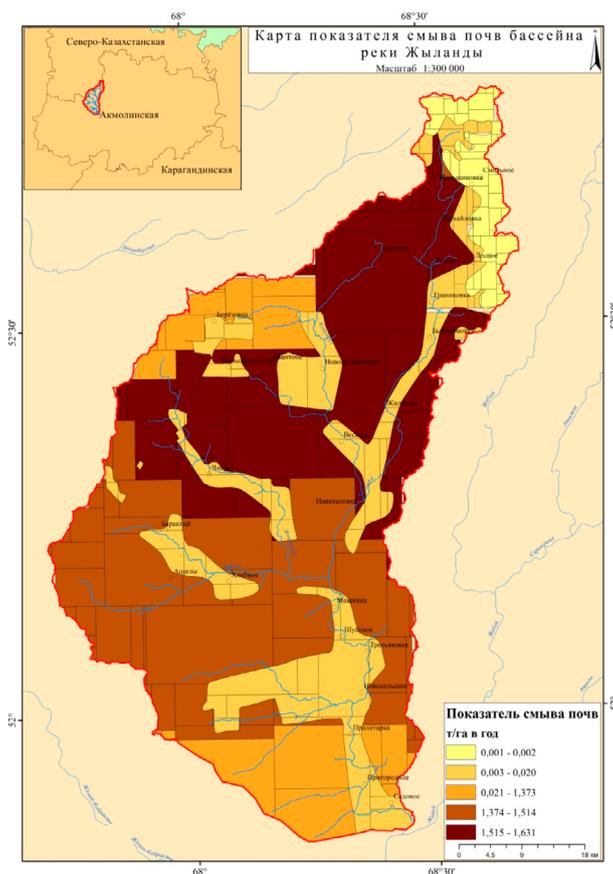


Рисунок 10 – Показатель смыва почв бассейна реки Жыланды

Выводы

Эмпирические модели эрозии почвы, хотя и относительно просты, легко интерпретируются физически, требуют минимальных ресурсов и могут быть разработаны с легкодоступными исходными данными для точного определения участков, подверженных высокому риску эрозии. В этом документе демонстрируется применение эмпирической модели эрозии почвы, такой как RUSLE, интегрированной с ГИС, для оценки потенциала эрозии почвы и потенциальных зон в бассейне реки Жыланды. Также была предпринята попытка изучить влияние изменений в землепользовании и земном покрове на скорость эрозии. Анализ и результаты показывают, что среднегодовая потеря почвы, оцененная с использованием модели RUSLE, составляет около 189,17 т/год в бассейне реки Жыланды.

Темно-коричневыми тонами на карте выделены участки с высокими показателями промывки. Таким образом, около 74% обрабатываемых зе-

мель подвержены водной эрозии. Согласно карте, пахотные земли, в том числе с относительно большим количеством осадков и тяжелосуглинистым механическим составом, имеют высокую скорость выщелачивания – 1,3-1,6 т/га в год и относительно низкую скорость вымывания пастбищ и лесов – 0,001-0,02 т/га в год. Установлено, что количество осадков относительно невелико, а механический состав почв в суглинистых и тяжелосуглинистых почвах различного состава умеренный (Рис. 11).

62% площади бассейна подвержены промывкам 1 374–1631 т/га в год, 13% – промывкам 0,021–1373 т/га в год, а 25% земель подвержены водной эрозии при 0,001–0,001 т/га в год. Максимальное значение выщелачивания составляет 1,631 т/га в год. Это значение соответствует пахотной земле и занимает 7,5% бассейна (Рис. 13). На основании этих данных можно определить точный уровень эрозии почв в бассейне реки Жыланды и зону максимальной промывки. На основании этих данных можно организовывать мероприятия по предотвращению эрозии почв.

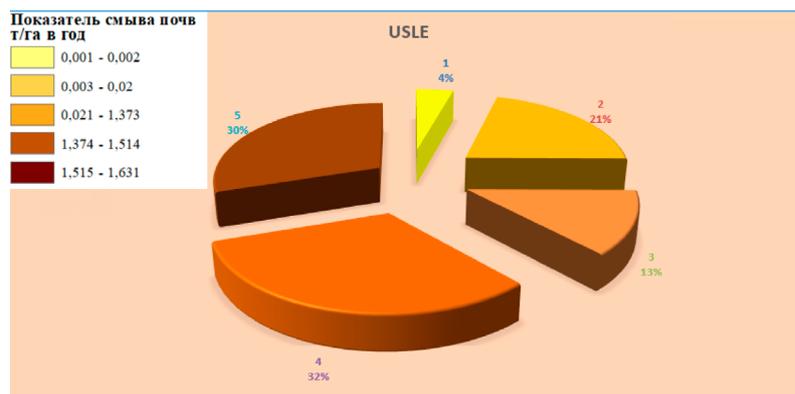


Рисунок 11 – Процентное выражение эрозии почв в бассейне реки Жыланды

Факторы, которые можно изменить: С и Р.

Фактор LS имеет относительно небольшое влияние на эрозию почвы на разрабатываемой территории, чем в высокогорье. Однако можно построить террасы, чтобы уменьшить длину откоса, что приведет к меньшим потерям почвы. Но строительство террас потребует дополнительных вложений и создаст определенные неудобства в сельском хозяйстве. Для этого необходимо предварительно изучить другие методы защиты почвы.

Выбор типов культур и методов обработки почвы, обеспечивающих минимально возможный фактор, приведет к меньшей эрозии почвы. Для этого необходимо изменить способы обработки пашни в бассейне. В частности, необходимо заменить тип плуговой вспашки методом зональной обработки почвы или гребневой обработки. Фактор Р напрямую определяется человеческой поддержкой обработки почвы. Здесь минимальная скорость эрозии может быть достигнута с помощью методов резки полосы и контурной обработки.

Литература

- Деградация и охрана почв : монография / Г. В. Добровольский [и др.] ; под ред. Г. В. Добровольского – М. : Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.
- Гендугов, В. М. Ветровая эрозия почвы и запыление воздуха / В. М. Гендугов, Г. П. Глазунов. – М. : Физматлит, 2007. – 240 с.
- Демидов, В. В. Закономерности формирования эрозионных процессов при снеготаянии в лесостепной зоне центральной России: теория и экспериментальные исследования : монография / В. В. Демидов. – Новосибирск : Изд-во ЦРНС, 2016. – 62 с.
- Заславский, М. Н. Эрозиоведение : учебник для геогр. и почв. спец. вузов / М. Н. Заславский. – М. : Высшая школа, 1983. – 320 с.
- Кузнецов, М. С. Физические основы эрозии почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов, Е. Ф. Зорина ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М. : Изд-во МГУ, 1992. – 95 с.
- Куст, Г. С. Деградация земель и устойчивое землепользование : слов.-справ. / Г. С. Куст, О. В. Андреева, И. С. Зонн – М. : Перо, 2018. – 107 с.
- Ларионов, Г. А. Эрозия и дефляция почв : основные закономерности и количественные оценки / Г. А. Ларионов. – М. : Изд-во МГУ, 1993. – 200 с.
- Мирицхулава, Ц. Е. Основы физики и механики эрозии русел / Ц. Е. Мирицхулава. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 303 с.
- Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна: монография / А. С. Керженцев [и др.] ; отв. ред. А. С. Керженцев, Р. Майснер ; Рос. акад. наук, Ин-т фундам. пробл. биол. – М. : Наука, 2006. – 224 с.
- Воронин, А. Д. Опыт оценки противозерозионной стойкости почв / А. Д. Воронин, М. С. Кузнецов // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 1. – М., 1970. – С. 99-115.
- Гаврилица, А. О. Эрозионные процессы при поливе дождеванием и пути их минимизации / А. О. Гаврилица // Почвоведение. – 1993. – № 1. – С. 77-84.
- Заславский, М. Н. Эрозия почв / М. Н. Заславский. – М.: Мысль, 1979. – 245 с.
- Маккавеев, Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне / Н. И. Маккавеев ; АН СССР, Ин-т геогр. – М.: АН СССР, 1955. – 348 с.
- Мирицхулава, Ц. Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости / Ц. Е. Мирицхулава. – М.: Колос, 1967. – 179 с.

- Мирцхулава, Ц. Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии / Ц. Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1970. – 239 с.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook 282. USDA-ARS, USA.
- Kim, H.S., 2006. Soil Erosion Modeling Using RUSLE and GIS on the IMHA Watershed, South Korea. Doctoral dissertation. Colorado State University, USA.
- Wischmeier, W. H. Predicting rainfall erosion losses / W. H. Wischmeier, D. D. Smith // US Dept, of Agric. Handbook. – 1978. – № 537. – 65 p.
- Жыланды // Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2005. – Т. II.

References

- Dobrovol'skij G.V. [i dr.], pod red. Dobrovol'skogo G.V. (2002) Degradaciya i ohrana pochv: monografiya [Soil degradation and protection: monograph]. – M. : Izd-vo MGU, – 654 s.
- Gendugov V.M., Glazunov G.P. (2007) Vetrovaya eroziya pochvy i zapylenie vozduha [Wind soil erosion and air dusting]. – M. : Fizmatlit, – 240 s.
- Demidov V.V. Zakonomernosti formirovaniya erozionnyh processov pri snegotayanii v lesostepnoj zone central'noj Rossii: teoriya i eksperimental'nye issledovaniya : monografiya. (2016) [Regularities of the formation of erosion processes during snow melting in the forest-steppe zone of central Russia: theory and experimental research: monograph] – Novosibirsk: Izd-vo CRNS, – 62 s.
- Zaslavskij M.N. (1983) Eroziovedenie : uchebnik dlya geogr. i pochv. spec, vuzov [Erosiology: a textbook for geogr. and soils. specialist, universities]. – M. : Vysshaya shkola, – 320 s.
- Kuznecov M.S., Glazunov G.P., Zorina E. F. (1992) Fizicheskie osnovy erozii pochv [Physical basis of soil erosion]. Moek. gos. un-t im. M. V. Lomonosova. – M. : Izd-vo MGU, – 95 s.
- Kust G.S., Andreeva O.V., Zonn I.S. (2018) Degradaciya zemel' i ustojchivoe zemlepol'zovanie : slov.-sprav [Land degradation and sustainable land use: diction.-ref.]. – M. : Pero, – 107 s.
- Larionovt G.A. (1993) Eroziya i deflyaciya pochv : osnovnye zakonomernosti i kolichestvennye ocenki [Soil erosion and deflation: basic patterns and quantitative estimates]. M. : Izd-vo MGU, – 200 s.
- Mirckhulava C.E. (1988) Osnovy fiziki i mekhaniki erozii rusel [Fundamentals of physics and mechanics of channel erosion]. – L.: Gidrometeoizdat, – 303 s.
- Kerzhencev A.S. [i dr.]; otv. red. Kerzhencev A.S, Majsner R. (2006) Modelirovanie erozionnyh processov na territorii malogo vodosbornogo bassejna: monografiya [Modeling of erosion processes on the territory of a small drainage basin: monograph] Ros. Akad7. nauk, In-t fundam. probl. biol. – M. : Nauka, – 224s.
- Voronin A.D., Kuznecov M.S. (1970) Opyt ocenki protivoroziionnoj stojkosti pochv [Experience in assessing soil erosion resistance]// Eroziya pochv i ruslovyje processy. Vyp. 1. – M., – S. 99-115.
- Gavrilica A.O. (1993) Eroziionnye processy pri polive dozhddevaniem i puti ih minimizacii [Erosion processes during sprinkling and ways to minimize them]// Pochvovedenie. – № 1. – S. 77-84.
- Zaslavskij, (1979) M. N. Eroziya pochv [Soil erosion] M.: Mysl', – 245 s.
- Makkaveev N.I. (1955) Ruslo reki i eroziya v ee bassejne; [River bed and erosion in its basin;] AN SSSR, In-t geogr. - M.: AN SSSR, - 348 s.
- Mirckhulava C.E. (1967) Razmyv rusel i metodika ocenki ih ustojchivosti [Erosion of channels and methods for assessing their stability] - M.: Kolos, - 179 s.
- Mirckhulava C.E. (1970) Inzhenernye metody rascheta i prognoza vodnoj erozii [Engineering methods for calculating and forecasting water erosion]/ - M.: Kolos, - 239 s.
- Wischmeier W.H., Smith, D.D. (1978) Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook 282. USDA-ARS, USA.
- Kim H.S. (2006) Soil Erosion Modeling Using RUSLE and GIS on the IMHA Watershed, South Korea. Doctoral dissertation. Colorado State University, USA.
- Wischmeier W. H. (1978) Predicting rainfall erosion losses / W. H. Wischmeier, D. D. Smith // US Dept, of Agric. Handbook. - - № 537. - 65 p.
- ZHylandy // Kazahstan. Nacional'naya enciklopediya. - Almaty: Kazak enciklopediyasy, 2005. - T. II.