

С.Т. Токсанбаева^{1*}, Н.Е. Рамазанова¹, Ж.А. Тусупбеков²

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

²Омский государственный аграрный университет имени П.А.Столыпина, Россия, г. Омск

*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

ОЦЕНКА ЭРОЗИИ ПОЧВ ПО МОДЕЛИ «RUSLE» БАСЕЙНА РЕКИ НУРА

Чрезмерная интенсивность ведения сельского хозяйства и антропогенное воздействие приводит к таким проблемам, как эрозия почвы. В связи с этим оценка эрозии почв направлена на планирование и проведение работ по природной охране с целью сохранения почвенных и водных ресурсов вблизи данной территории. В статье проведена оценка эрозии почв бассейна реки Нура с помощью применения ГИС и универсального уравнения потери почв по модели RUSLE. Целью данной работы являлось определение процесса размыва почв бассейна реки Нура для различных видов землепользования. Для определения смыва почв использованы: эрозионный потенциал отложений, тип почвы, механический состав, крутизна склонов, растительность, типы вспашки, эрозионная прогнозная модель, универсальное уравнение потерь почвы и программа ArcGIS 10.4. В результате исследования определена средняя промывка почвы в бассейне реки Нура для каждого полигона. Процентное соотношение А фактора бассейна реки Нура показывает, что вариация идет от 0,01 до 3,15 тонн/га/год. Наивысший показатель по А фактору равен 3,15 тонн/га/год и характеризуется типом земледелия – пашня и механическим составом – суглинистые. Наименьший показатель по А фактору равен 0,01 тонн/га/год и характеризуется типом земледелия – сенокос и механическим составом – супесчаные. Для улучшения ситуации эрозионного потенциала бассейна реки Нура необходимо снизить показатели таких коэффициентов, как К – коэффициент эрозии почвы и С – коэффициент типа культуры, необходимо улучшить механический состав почвы, повышать плодородие почв и следить за увлажненностью почвы, развивать сельскохозяйственный сектор, заниматься земледелием и повышать уровень данного сектора. Полученные результаты могут быть использованы в качестве основы для разработки планов сохранения почв на конкретных участках с целью содействия устойчивому управлению земельными ресурсами.

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

S.T. Toksanbayeva^{1*}, N.E. Ramazanova¹, Zh.A. Tusupbekov²

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

²Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Russian, Omsk

*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

Estimation of soil erosion by the «Rusle» model of the Nura river basin

Excessive agricultural intensity and anthropogenic impacts lead to problems such as soil erosion. In this regard, the assessment of soil erosion is aimed at planning and carrying out works on natural protection in order to preserve soil and water resources near this area. The article evaluates soil erosion in the Nura River basin using GIS and the universal equation of soil loss according to the RUSLE model. The purpose of this work was to determine the process of soil erosion in the Nura River basin for various types of land use. To determine the soil washout, the following parameters were used: sediment erosion potential, soil type, mechanical composition, slope steepness, vegetation, plowing types, erosion forecast model, universal soil loss equation, and the ArcGIS 10 program.4. As a result of the study, the average soil washing in the Nura River basin was determined for each landfill. The percentage ratio of the A factor of the Nura River basin shows that the variation is from 0.01 to 3.15 tons / ha / year. The highest indicator for the A factor is 3.15 tons / ha / year and is characterized by the type of agriculture-arable land and mechanical composition-loamy. The lowest indicator for the A factor is 0.01 tons / ha / year and is characterized by the type of agriculture – haymaking and mechanical composition-sandy loam. To improve the situation of the erosion potential of the Nura River basin, it is necessary to reduce the indicators of such coefficients as K – the coefficient of soil erosion and C – the coefficient of the type of crop = The findings can be used as a basis for developing site-specific soil conservation plans to promote sustainable land management.

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

С.Т. Токсанбаева^{1*}, Н.Е. Рамазанова¹, Ж.А. Тусупбеков²

¹ А.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ.

² П.А.Столыпин атындағы Омбы мемлекеттік аграрлық университеті, Ресей, Омбы қ.

*e-mail: sabina.toksanbaeva@mail.ru

Нұра өзені алабының топырақ эрозиясын «RUSLE» моделі бойынша бағалау

Ауылшаруашылығын жүргізудің шамадан тыс қарқындылығы және антропогендік әсер топырақ эрозиясы сияқты мәселелерге әкеледі. Осыған байланысты топырақ эрозиясын бағалау осы аумаққа жақын топырақ пен су ресурстарын сақтау мақсатында табиғатты қорғау жұмыстарын жоспарлау мен жүргізуге бағытталған. Мақалада ГАЖ және «RUSLE» моделі бойынша топырақ жоғалтудың әмбебап теңдеуін қолдану арқылы Нұра өзені бассейнінің топырақ эрозиясына баға берілген. Бұл жұмыстың мақсаты – Нұра өзені алабындағы жерді пайдаланудың әртүрі үшін топырақтың шайылу процесін анықтау. Топырақтың шайылуын анықтау үшін: шөгінділердің эрозиялық потенциалы, топырақ типі, механикалық құрамы, беткейлердің көлбеулігі, өсімдік жамылғысы, жер жырту түрлері, эрозияны болжау моделі, топырақты жоғалтудың әмбебап теңдеуі және ArcGIS 10.4 бағдарламасы пайдаланылды. Зерттеу нәтижесінде әр полигон үшін Нұра өзенінің алабы топырағының шайылуының орташа мөлшері анықталды. Нұра өзенінің алабындағы А факторының пайыздық қатынасының вариациясы жылына 0,01-ден 3,15 тонна / га дейін болатындығын көрсетеді. А факторы бойынша ең жоғары көрсеткіш жылына 3,15 тонна/га және ауылшаруашылығы жерлерінің типі – егістік, механикалық құрамы саздақпен сипатталады. А факторы бойынша ең төменгі көрсеткіш жылына 0,01 тонна/га тең және ауылшаруашылығы жерлерінің типі – шабындық және механикалық құрамы құмдақпен сипатталады. Нұра өзені алабының эрозиялық әлеуетінің жағдайын жақсарту үшін К – топырақ эрозиясының коэффициенті және С – дақыл түрінің коэффициенті сияқты коэффициенттердің көрсеткіштерін төмендету, механикалық құрамын жақсарту, топырақтың құнарлылығын арттыру және топырақтың ылғалдылығын бақылау, аграрлық секторды дамыту, егіншілікпен айналысу және осы сектордың деңгейін көтеру қажет. Алынған нәтижелер Жер ресурстарын орнықты басқаруға ықпал ету мақсатында нақты учаскелерде топырақты сақтау жоспарларын әзірлеуге негіз ретінде пайдаланылуы мүмкін.

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

Введение

Эрозионный процесс всегда привлекал внимание исследователей и ученых. С древних времен почва являлась определяющим фактором в жизнедеятельности живых организмов и растений. Поэтому данному вопросу уделялось особое внимание (Ларионов Г.А. 1993: 200; Мирцхулава Ц.Е. 1988: 303; Воронин А.Д., Кузнецов М. С. 1970: 99-115).

Если рассматривать исследования эрозионного процесса во временном виде, то можно заметить, что на данный момент это стало очень актуально (Гендугов В.М. 2007: 240). Так как с каждым годом состояние почвенного покрова ухудшается вследствие антропогенного воздействия, изменения климатического и природного характера. Данные факторы оказывают сильное влияние и воздействие на состояние эрозионного процесса (Гаврилица А.О. 1993: 77-84).

Исследования эрозионного процесса в Республике Казахстан носят локальный характер. Многие территории Республики Казахстан ранее не исследовались. Исследованиями эрозионного процесса Северного Казахстана, в частности Акмолинской областью, занималась ученая Аки-

янова Ф.Ж. Ее одна из основных работ по исследованию эрозионного процесса «Процессы эрозии и дефляции почв Акмолинской области в условиях агломерационного развития региона» (Акиянова Ф.Ж. 2015: 372-376).

Также можно отметить ученых и исследователей Российской Федерации, занимающихся исследованиями эрозионного процесса. Одним из ярких представителей Российских исследователей являлся Заславский М.Н. – советский почвовед, который изучал проблемы почв и был инициатором выделения особой почвоведческой дисциплины – эрозиоведение. Монографии и учебные издания Заславского М.Н. по сей день используются в качестве основной литературы на занятиях почвоведения (Заславский, М.Н. 1983: 320; Заславский М.Н.1979: 245).

В настоящее время российские ученые разработали метод измерения скорости эрозии почвы и связанного с этим снижения содержания органических веществ в почве путем оценки уровня радиоактивного цезия в почве (Мирцхулава Ц. Е. 1967: 179; Маккаев Н. И. 1955: 348; Мирцхулава Ц. Е. 1970: 239; Добровольский Г.В. и др. 2002: 654; Кузнецов М.С. 1992: 95). Исследовательская группа включала таких ученых

как Панкадж Шривастава (Индийский институт сохранения почвы и воды), Чинмай Сах и Рави Бхусан (Лаборатория физических исследований, Ахмедабад), Карунакара Нарегунди и М.П. Мохан (Университет Мангалор) и Манодж Шривастава (Индийский сельскохозяйственный исследовательский институт).

В Казахстане вопросами водной эрозии в различные годы занимались Бабаев К.Б. (1970), Тегисов Т.А. (1975), Иорганский А.И. и Балгабеков К.Б. (1979). Эти работы были посвящены условиям предгорной зоны, подобные работы, т.е. исследования по водной эрозии и выработке рекомендаций по осуществлению противоэрозионных мероприятий ранее проводились, но не в полной мере. Все исследования в этих регионах (А.И. Бараев) были посвящены выработке мер против ветровой эрозии. По данным Иорганского А.И. и Балгабекова К.Б. (1979), по мере увеличения смыва почвы уменьшается содержание гумуса в пахотном слое и снижается урожайность сельскохозяйственных культур.

Обоснование выбора темы и цели и задачи. Анализ научных трудов В.П. Герасименко (1979; 1988); В.М. Гендуговым (1999); М.С. Кузнецова, В.В. Демидова (2002) и др. показывает, что в современных условиях для обеспечения высокоэффективного и экологически безопасного землепользования, прежде всего, необходимы оперативный и точный прогноз, углубленная

оценка стока талых вод и смыва почвы с использованием специальных математических моделей.

Объектом исследования стал бассейн реки Нура и его эрозионная составляющая, т.к. данная территория берет начало в центральной части Казахстана на северо-западных отрогах горного массива Отрар, в горах Кзылтас на высоте 1100-1250 метров над уровнем моря и впадает в бессточное озеро Тенгиз на отметке около 304 метра. Исток реки образуется от слияния нескольких небольших родников на высоте 1060 метров абсолютной высоты. В верхнем течении (до впадины в реку Акбастау) река имеет название Керегетас, Каракоши, Байкожа. Территория бассейна реки Нура занимает большую часть Карагандинской области. Карагандинская область располагается в центральной части Республики Казахстан. Протяженность ее с севера на юг – 600 км и с востока на запад – 1100 км. Площадь территории – 402,4 тыс. км². На севере она граничит с Костанайской, Акмолинской и Павлодарской областями, на востоке с Семипалатинской, на юге – с Алматинской, Жамбылской, Шымкентской и Кызылординской (рис. 1).

На западе – с Актюбинской областью. Общая протяженность границ Карагандинской области – около 4 тыс. км. Она лежит в самом центре континента Евразии, почти равноудалена от Северного Ледовитого и Индийского, Атлантического и Тихого океанов.

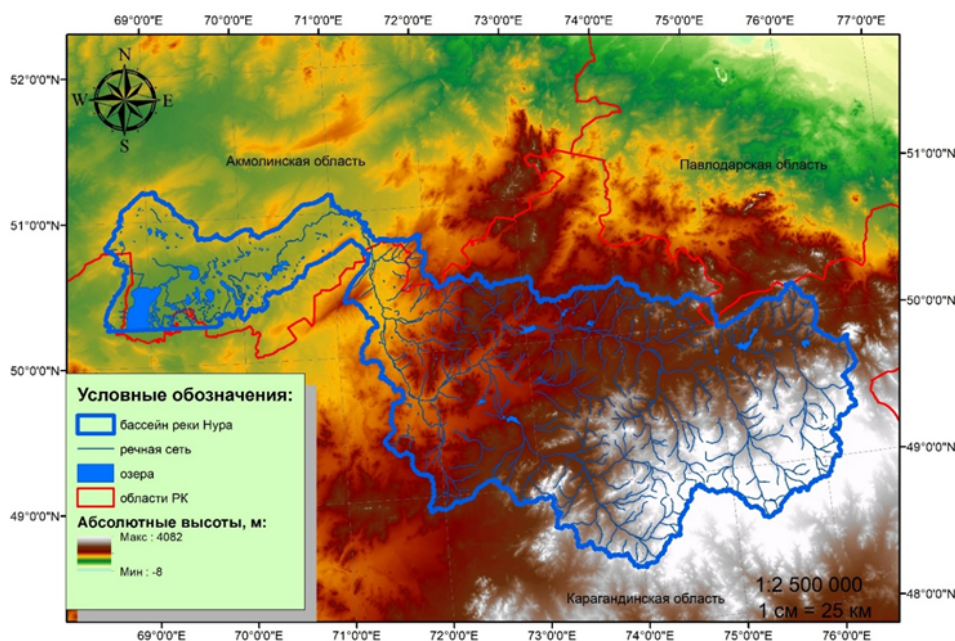


Рисунок 1 – Карта бассейна реки Нура

Это исследование было направлено на оценку подверженности эрозии почв в водоразделе с использованием уравнения универсальных потерь почвы USLE от эрозии, разработанным в США на основе данных об эрозии почвы, собранных с 1930-х годов Службой охраны почв Министерства сельского хозяйства США (ныне Служба охраны природных ресурсов Министерства сельского хозяйства США) (Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978: 282).

Модель использовалась в течение десятилетий для целей природоохранного планирования как в Соединенных Штатах, где она возникла, так и во всем мире, и использовалась для реализации многомиллиардной программы США по сохранению (Kim H.S.2006; Wischmeier W.H. 1978: 65).

Материалы и научная методология исследований

В качестве материала исследования были использованы космические снимки по цифровой модели рельефа для создания бассейна реки с помощью ГИС-технологий и компьютерных методов; статистические данные количества осадков по метеопостам Карагандинской области для интерполяции и создания карты осадков по бассейну реки Нура; картографический материал по почвенному покрову для сопоставления и анализа почвы бассейна; данные по склону и рельефу.

Были использованы методы дешифрирования космических снимков. То есть процессы геоинформационного картографирования бассейновых территорий, которые состоят из нескольких этапов и проводятся по методике, включающей первичную обработку данных, анализ картографических материалов и космических снимков, формирование единой базы геоданных, а также углубленный морфометрический анализ на основе цифровой модели рельефа (ЦМР).

Методологической основой данной работы является Земельный кодекс РК, а также рекомендации учёных и НИИ в области землеустройства, методы моделирования стока талых вод и водной эрозии в период снеготаяния.

В ходе исследования эрозионных процессов на основе уравнения потерь почвы (RUSLE) в бассейне реки Нура. Для расчета коэффициента осадков R использован метод интерполяции программы ArgGIS 10. 4 и альтернативная формула для вычисления фактора R ($R = 0,548257P-59,9$; где P – это среднегодовое количество осадков). Расчет фактора эродированности почвы с помо-

щью программы Excel, ArgGIS 10.4. Показатели по размываемости почвы были экспортированы в слой экологических площадок в программном обеспечении ArgGIS 10.4 на основе соединения таблиц и интерполяции с помощью метода естественной окрестности в наборе инструментов Spatial Analyst.

Для анализа природных условий бассейна реки Нура использован топографо-картографический метод, основанный на геоморфологическом анализе формы и расположения горизонталей, а также математическом, графоаналитическом и других методов. Также использован метод оценки смыва почвы, предназначенный для выявления и принятия мер по возникновению рисков, а также для своевременного и эффективного реагирования на любые отклонения.

Результаты и обсуждение

Для создания территории бассейна реки Нура в программе ArcGIS 10.4 были использованы космоснимки цифровых моделей рельефа (ЦМР) с высотными отметками. В качестве выделения границ бассейна реки выступили SRTM-снимки, скачанные с сайта <http://srtm.csi.cgiar.org/>.

Для территории бассейна реки Нура были скачаны два космоснимка с координатами в пределах 69-750 в.д. и 44-540 с.ш. вышеуказанного сайта и была сделана обработка в программе ArcGIS с использованием набора инструментов ArcToolbox пакета Spatial Analyst, в частности функций Hydrology (рис. 2).

Для создания границ бассейна реки выполнялся определенный алгоритм действий. После проведения всех операций в программе ArcGIS 10.4 была получена территория бассейна реки Нура с речной сетью (рис. 3).

Территория бассейна реки Нура характеризуется резко континентальным и засушливым климатом, с суровой зимой, жарким летом и малым количеством атмосферных осадков. Это объясняется тем, что Нуринский массив находится в глубине суши, удаленных от мировых океанов, а также на стыке теплых, сухих «среднеазиатских» субтропических и холодных, бедных влажных «сибирских» арктических зон.

Первоначально были взяты исходные данные по месяцам и суммированные по количеству осадков по метеопостам Карагандинской области для интерполяции и создания карты осадков по бассейну реки Нура. Так как большая территория бассейна реки Нура лежит на территории Карагандинской области (рис. 4).

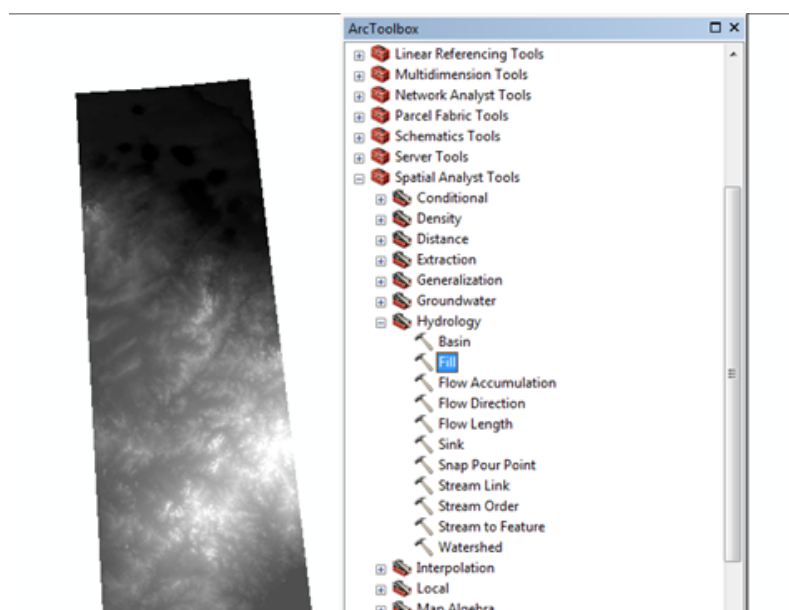


Рисунок 2 – ЦМР территории бассейна реки Нура

После операции интерполяции в ArcGIS 10.4 был получен шейпфайл по изолиниям по Карагандинской области (рис. 5) и сформирована карта осадков территории бассейна

реки Нура (рис. 6) для расчета коэффициента осадков и стока, являющегося одним из множителей универсального уравнения потери почв USLE.

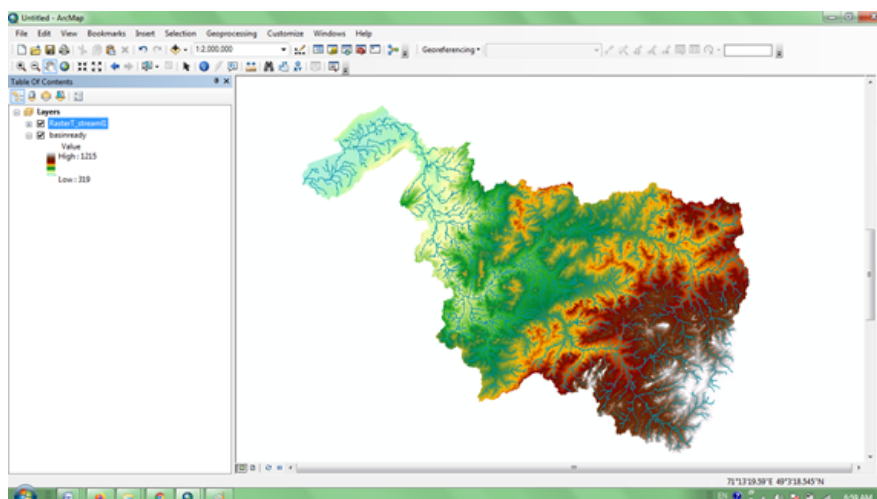


Рисунок 3 – Обработанная ЦМР территории бассейна реки Нура

Для определения фактора R – коэффициента осадков и стока была применена нижеуказанная формула (1):

$$R = 0.58 * P - 59.8 \quad (1)$$

где R – коэффициент осадков и стока
 P – осадки за год.

Для каждого параметра по осадкам бассейна реки Нура был сделан расчет по формуле (1), далее в атрибутивной таблице итогового шейпфайла по землепользованию создан новый столбец с названием « R » и занесены данные по расчетам.

Процентное соотношение R фактора бассейна реки Нура показывает, что вариация идет от 42 до 230. Если сделать сравнительную характе-

Количество осадков, мм													
Наименование	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сумма
Караганда М	20.6	14.4	63.2	33.5	24.0	24.5	26.5	89.4	34.3	73.3	49.1	16.2	469.0
Осакаровка М	24.7	10.1	32.4	59.6	31.2	71.9	41.0	53.8	25.2	60.0	38.1	7.7	455.7
Джетыкогур М	9.3	13.0	33.1	17.3	0.0	2.0	0.0	6.8	1.0	18.8	7.0	24.2	132.5
Кульжазбай М	9.7	5.4	11.5	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	5.0	10.4	8.6	3.0	55.2
Жарык М	16.8	20.1	53.6	32.8	15.3	13.4	18.4	69.2	20.8	93.2	43.9	21.5	419.0
Аксу-Аюлы М	8.1	11.4	45.8	31.1	16.7	12.6	42.7	64.5	25.7	47.8	29.6	13.7	349.7
Агадыр М	2.1	13.2	38.0	19.6	18.1	13.1	6.4	29.6	20.0	27.1	16.2	11.1	214.5
Кзылтау М	10.6	4.8	34.8	20.6	11.9	8.4	13.2	33.7	11.7	37.4	18.5	15.0	220.6
Балкаш М	0.6	10.7	17.0	13.2	2.6	11.9	12.4	10.6	6.0	21.1	43.4	7.0	156.5
Бектаута М	2.6	17.4	42.6	9.4	16.0	7.3	3.5	20.6	3.0	33.4	33.4	7.3	196.5
Саяк М	1.2	9.6	38.8	4.3	4.6	6.3	34.4	11.5	5.5	19.0	46.7	5.9	187.8
Улытау М	10.5	4.8	40.4	18.7	12.3	6.9	20.2	9.5	21.5	30.3	39.3	3.5	217.9
Киевка М	10.1	8.6	23.1	50.8	21.0	52.8	30.9	49.6	25.2	42.4	32.8	14.0	361.3
Актогай М	4.0	3.8	16.6	6.9	28.0	6.5	19.0	14.0	19.0	10.3	5.9	2.2	136.2
Жана-Арка М	6.4	20.3	35.5	31.7	12.2	16.1	12.5	51.2	19.6	45.4	24.6	14.0	289.5
Каражал М	8.2	13.5	34.2	23.3	9.6	12.5	9.3	31.1	9.9	46.2	14.4	19.9	232.1
Кзылжар М	4.1	8.5	21.2	29.6	1.7	13.0	5.0	21.4	2.1	22.1	20.0	7.8	156.5
Жезкаган М	5.6	5.9	28.1	29.1	0.0	0.8	10.1	14.8	6.4	7.2	17.8	6.4	132.2
Бесоба М	1.5	5.7	26.1	15.7	17.1	26.4	25.0	37.0	18.5	25.2	12.6	8.9	219.7
Корнеевка М	6.6	9.2	51.7	33.1	33.0	62.1	115.5	50.5	22.7	54.5	39.2	24.1	502.2
Кертинды М (Чкалово)	8.9	11.5	24.9	36.9	27.5	64.8	39.6	35.5	17.2	44.3	33.2	13.5	357.8
Баршино М	5.2	4.4	32.7	32.8	21.5	7.9	16.6	124.5	5.0	22.6	19.4	4.7	297.3
Сарышаган М	1.0	8.5	37.6	17.8	0.6	9.0	11.8	13.6	3.0	13.3	30.2	4.2	150.6
СХОС	26.3	13.7	29.2	39.0	21.8	49.1	45.0	79.7	25.0	57.8	38.3	9.8	434.7
Каркаралы М	2.2	7.3	53.5	22.2	42.0	42.1	48.9	68.1	54.6	31.5	16.6	12.6	401.6
Родниковское М	2.5	5.7	19.9	35.7	43.8	39.9	27.8	90.8	16.5	36.1	10.3	10.3	339.3

Рисунок 4 – Данные по осадкам по Карагандинской области

ристку в процентах по фактору R бассейна реки Нура, то по показателям ее можно разделить на промежутки с шагом 50. Промежуток от 0 до 50 по R фактору составляет 4 %, включая самый наи-

меньший показатель R фактора – 42, с механическим составом суглинистые и глинистые, и типом землепользования – пастбища. Промежуток от 50 до 100 по R фактору составляет 24 %. От 100 до

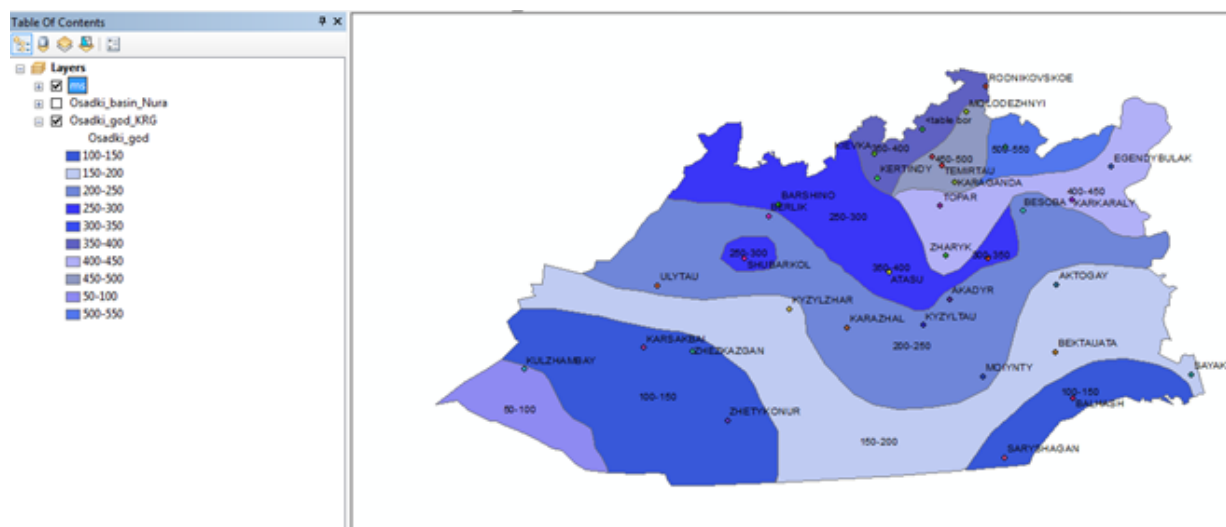


Рисунок 5 – Шейпфайл по изолиниям осадков по Карагандинской области

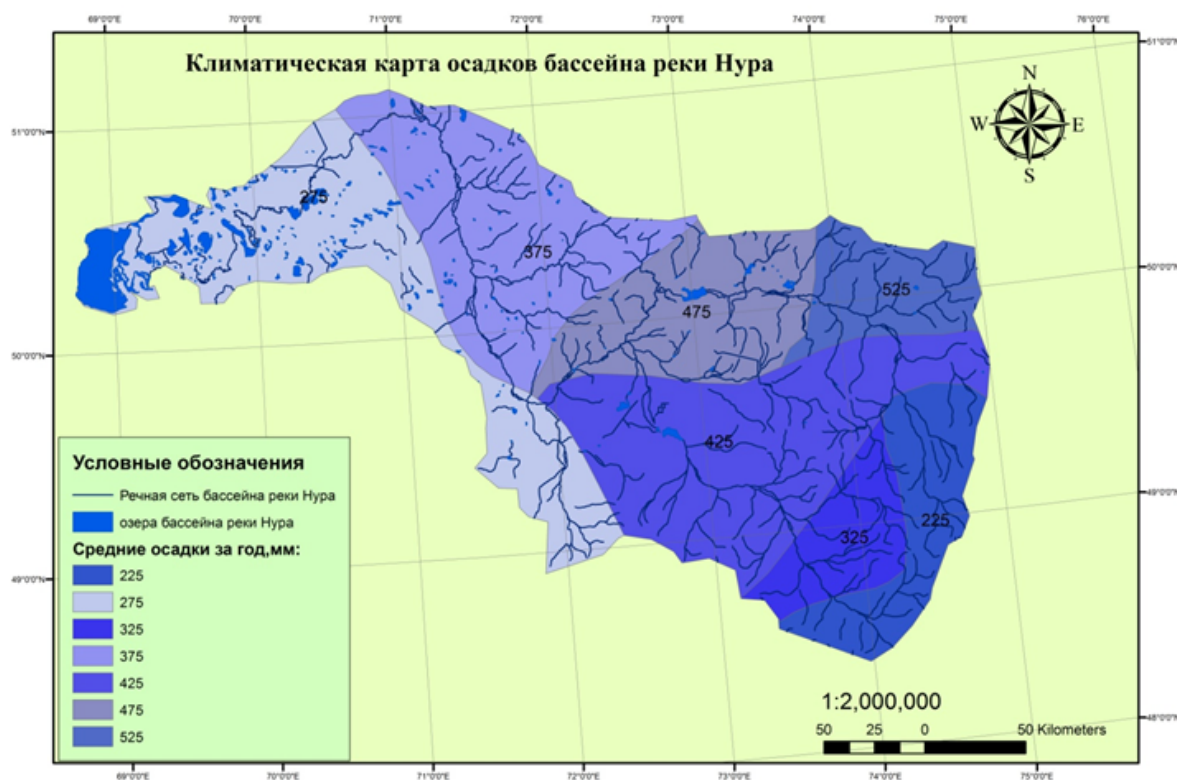


Рисунок 6 – Карта осадков бассейна реки Нура

150 – 36%. От 150 до 200 – 28 %. От 200 до 250 – 8 %, включая самый наивысший показатель R фактора – 230, с механическим составом суглинистые и типом землепользования – пашни. Самое наибольшее процентное соотношение имеет территория с промежутком от 100 до 150 – 36 %. Наименьшее процентное соотношение имеет территория с промежутком от 0 до 50 – 4 %.

Коэффициент эрозии почвы, именуемый как *K* – это средняя потеря почвы в тоннах/гектар (тонн/акр) для конкретной почвы в культивируемом непрерывном парах с произвольно выбранной длиной и крутизной склона.

Для определения видов почв были взяты две карты карта из атласа РК по почвенному покрову и карта почвенного покрова Казахской ССР, на основе общего сопоставления и оцифровки была создана карта почвенного покрова бассейна реки Нура (рис. 7).

На территории бассейна реки было выявлено 11 типов почв: бурые; каштановые; каштановые малоразвитые; комплекс почв; лугово-каштановые; низкогорные каштановые; низкогорные светло-каштановые; светло-каштановые; светло-каштановые малоразвитые; темно-каштановые и

темно-каштановые малоразвитые.

По механическому составу на территории бассейна было выявлено 9 типов: глинистые; засоленные глины; известняки и мел; легкосуглинистые; песчано-галечниковые; плотные кристаллические; слоистые; суглинистые; супесчаные (рис. 8).

Значения *K*-фактора по механическому составу почв были определены следующим образом:

- глинистые и тяжелосуглинистые – 0,58;
- плотные кристаллические породы – 0,58;
- суглинистые – 0,45;
- песчано-галечниковые отложения – 0,16.

Далее в атрибутивной таблице итогового шейпфайла по землепользованию был создан новый столбец с названием «*K_*» и занесены вышеуказанные данные по значению *K*-фактора механического состава.

Процентное соотношение *K*-фактора бассейна реки Нура показывает, что вариация идет от 0,09 до 0,58. Если сделать сравнительную характеристику в процентах по фактору *K* бассейна реки Нура, то по показателям ее можно разделить на промежутки с шагом 0,2. Промежуток от 0 до 0,2 по *K*-фактору составляет 12 %, включая самый наименьший показатель

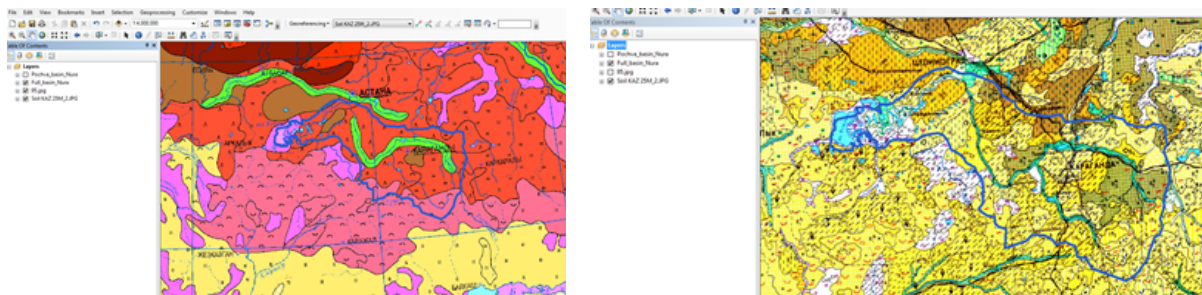


Рисунок 7 – Растровое изображение почвенного покрова из атласа РК и Казахской ССР в программе ArcGis 10.4 модуля ArcMap

К фактора – 0,09 с механическим составом супесчаные, и типом землепользования – сенокос и пастбища. Промежуток от 0,2 до 0,4 по R-фактору составляет 8 %. От 0,4 до 0,6 – 80 %, включая самый наивысший показатель К-фактора – 0,58 с механическим составом

известняки и мел, типом землепользования – сенокос и пастбища. Самое наибольшее процентное соотношение имеет территория с промежутком от 0,4 до 0,6 – 80 %. Наименьшее процентное соотношение имеет территория с промежутком от 0 до 0,2 – 8 %.

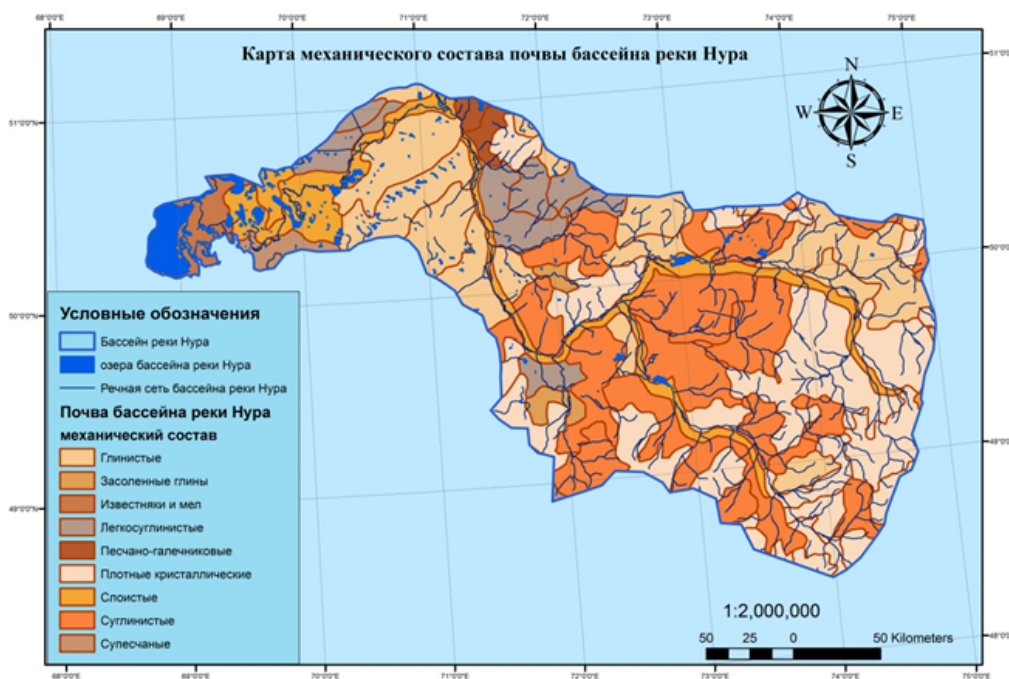


Рисунок 8 – Карта механического состава почвы бассейна реки Нура

Для определения *LS-фактора* необходимо определить уклон территории. Для этого использовался инструмент Slope (Путь: Spatial Analyst Tools – Surface) (рис. 9).

Значения *LS-фактора* по уклону территории были определены в диапазоне от 0,14 до 0,57. В атрибутивной таблице итогового шейпфайла по землепользованию был создан новый столбец

с названием «*LS_*» и занесены вышеуказанные данные по значению *LS-коэффициента* градиента длины склона.

Процентное соотношение *LS-фактора* бассейна реки Нура показывает, что вариация идет от 0,36 до 0,57. Если сделать сравнительную характеристику в процентах по фактору *LS* бассейна реки Нура, то по показателям ее можно

разделить на 2 промежутка. Промежуток от 0 до 0,36 по LS-фактору составляет 20 %, включая самый наименьший показатель LS-фактора – 0,36. Промежуток от 0,36 до 0,57 по LS-фактору составляет 80 %. Самое наибольшее процентное соотношение имеет территория с промежутком от 0,36 до 0,57 – 80%. Наименьшее процентное соотношение имеет территория с промежутком от 0 до 0,36 – 20 %.

Для определения С-фактора необходимы данные по типу произрастаемой культуры и методу обработки почвы. Для мест произрастания зерновых культур соответствует значение 0,35; для сенокосов и пастбищ – 0,02. Данные по методу обработки почвы нам неизвестны, в этой связи значение данного фактора выбрано 0,25. Значения С-фактора рассчитываются на основе произведения значений по месту произрастания и методу обработки почвы.

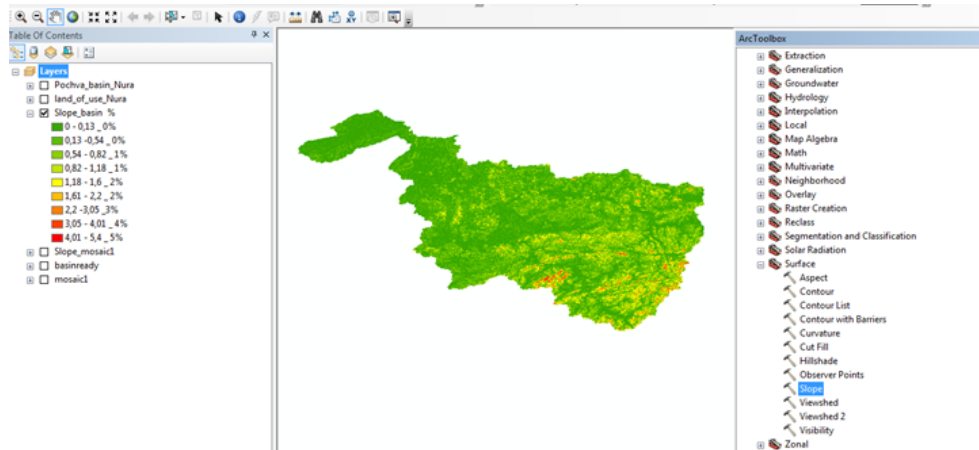


Рисунок 9 – Результат операции Slope

После вычислений значения были определены как: для зерновых культур (пашни) – 0,005 и для сенокоса и пастбища – 0,0875.

В атрибутивной таблице итогового шейпфайла по землепользованию был создан новый столбец с названием «С_» и занесены вышеуказанные данные по значению С-коэффициента типа культуры.

Процентное соотношение С-фактора бассейна реки Нура показывает, что вариация идет от 0,01 до 0,09. Если сделать сравнительную характеристику в процентах по фактору С бассейна реки Нура, то по показателям ее можно разделить на 2 промежутка. Промежуток от 0 до 0,01 по С-фактору составляет 28 %, включая самый наименьший показатель С-фактора – 0,01. Промежуток от 0,01 до 0,09 по С-фактору составляет 72%. Самое наибольшее процентное соотношение имеет территория с промежутком от 0,01 до 0,09 – 72%. Наименьшее процентное соотношение имеет территория с промежутком от 0 до 0,01 – 28 %.

Данные *Р-фактора* по всей территории бассейна определены как для поперечного уклона и соответствуют значению 0,75.

Универсальное уравнение потери почвы (USLE) рассчитывается по формуле 2:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (2)$$

где А – потенциальная долгосрочная потеря почвы в тоннах на гектар в год;

Р – коэффициент осадков и стока в зависимости от географического положения;

К – коэффициент эрозии почвы;

LS – коэффициент градиента длины склона;

С – коэффициента типа культуры;

Р – коэффициент фактора поддержки.

Процентное соотношение А-фактора бассейна реки Нура показывает, что вариация идет от 0,01 до 3,15.

Если сделать сравнительную характеристику в процентах по фактору А бассейна реки Нура, то по показателям ее можно разделить на промежутки с шагом 1.

Промежуток от 0 до 1 по А-фактору составляет 76 %, включая самый наименьший показатель А-фактора – 0,01, с механическим составом супесчаные, и типом землепользования – пастбища и сенокос.

Промежуток от 1 до 2 по А-фактору составляет 16 %. От 2 до 3,5 – 8 %, включая самый наивысший показатель А-фактора – 3,15 с

механическим составом суглинистые и типом землепользования – пашни. Самое наибольшее процентное соотношение имеет территория с промежутком от 0 до 1 – 76%. Наименьшее процентное соотношение имеет территория с промежутком от 2 до 3,5 – 8%. Вычислив значение А-фактора для каждого полигона (участка) на территории бассейна реки Нура по вышеуказанной формуле, получены значения в диапазоне от 0,01 до 3,15. Среднее значение А-фактора составляет 0,509 тонн на гектар в год (Рис. 10).

Наибольшая среднегодовая эрозия почв характерна для территории пашни. К меньшей эрозии почвы может привести выбор других типов культур, таких как пастбища и сенокос (Рис. 11).

Заключение и выводы

Наивысший показатель по А фактору равен 3,15 тонн/га/год и характеризуется типом земледелия – пашня и механическим составом – суглинистые.

Наименьший показатель по А-фактору равен 0,01 тонн/га/год и характеризуется типом земледелия – сенокос и механическим составом – супесчаные.

Для улучшения ситуации эрозионного потенциала бассейна реки Нура необходимо снизить показатели таких коэффициентов, как К – коэффициент эрозии почвы и С – коэффициент типа культуры.

То есть необходимо улучшать механический состав почвы, повышать плодородие почв и следить за увлажненностью почвы, также необходимо развивать сельскохозяйственный сектор, заниматься земледелием и повышать уровень данного сектора.

Природные факторы никак не подадутся, каким-либо изменениям. Например, если взять наивысший показатель 3,15 тонн/га/год по фактору А и рассмотреть каждый параметр в отдельности:

$$R_ K_ LS_ C_ P_ \\ 187.00 \quad 0.45 \ 0.57 \ 0.09 \ 0.75$$

land_of_use_Nura											
FID	Shape *	Id	тип_з	meh_sostav	Osadki	R_	K_	LS_	C_	P_	A_
0	Polygon	0	сенокос (трава)	Известняки и мел	312	121	0.58	0.36	0.005	0.75	0.09
1	Polygon	0	пашня	Глинистые	275	100	0.47	0.36	0.0875	0.75	1.11
2	Polygon	0	сенокос (трава)	Супесчаная	275	100	0.09	0.36	0.005	0.75	0.01
3	Polygon	0	пашня	Суглинистые	175	42	0.45	0.36	0.0875	0.75	0.45
4	Polygon	0	пашня	Глинистые	325	129	0.47	0.36	0.0875	0.75	1.43
5	Polygon	0	пашня	Суглинистые	375	158	0.45	0.36	0.0875	0.75	1.68
6	Polygon	0	пашня	Глинистые	425	187	0.47	0.36	0.0875	0.75	2.08
7	Polygon	0	пашня	Суглинистые	425	187	0.45	0.57	0.0875	0.75	3.15
8	Polygon	0	пашня	Известняки и мел	275	100	0.58	0.36	0.0875	0.75	1.37
9	Polygon	0	пастбища	Легкосуглинистые	275	100	0.2	0.36	0.005	0.75	0.03
10	Polygon	0	пастбища	Супесчаные	275	100	0.09	0.36	0.005	0.75	0.01
11	Polygon	0	пастбища	Известняки и мел	325	129	0.58	0.57	0.005	0.75	0.16
12	Polygon	0	пастбища	Глинистые	325	129	0.47	0.36	0.005	0.75	0.08
13	Polygon	0	пастбища	Глинистые	375	158	0.47	0.36	0.005	0.75	0.1
14	Polygon	0	пастбища	Песчано-галечниковые	375	158	0.16	0.36	0.005	0.75	0.03
15	Polygon	0	пастбища	Легкосуглинистые	375	158	0.2	0.36	0.005	0.75	0.04
16	Polygon	0	пастбища	Глинистые	375	158	0.47	0.36	0.005	0.75	0.1
17	Polygon	0	пастбища	Суглинистые	500	230	0.45	0.36	0.005	0.75	0.14
18	Polygon	0	пастбища	Глинистые	500	230	0.47	0.57	0.005	0.75	0.23
19	Polygon	0	пастбища	Суглинистые	291	109	0.45	0.36	0.005	0.75	0.03
21	Polygon	0	пастбища	Глинистые	291	109	0.47	0.57	0.005	0.75	0.07
22	Polygon	0	пастбища	Суглинистые	291	109	0.45	0.57	0.005	0.75	0.11
23	Polygon	0	пастбища	Глинистые	291	109	0.47	0.36	0.005	0.75	0.1
24	Polygon	0	пастбища	Суглинистые	275	100	0.45	0.36	0.005	0.75	0.07
20	Polygon	0	пастбища	Суглинистые	291	109	0.45	0.14	0.005	0.75	0.06

Рисунок 10 – Атрибутивная таблица шейпфайла по землепользованию бассейна реки Нура

Из данных параметров понижению могут поддаваться только два фактора, это факторы К

(коэффициент эрозии почвы) и С (коэффициент типа культуры).

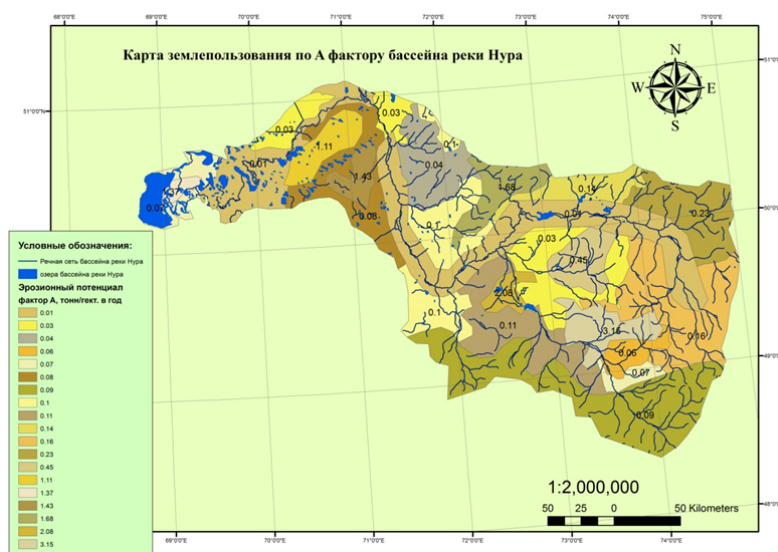


Рисунок 11 – Карта землепользования по эрозионному потенциалу по А-фактору бассейна реки Нура

Фактор К в данном случае равен 0,45, если изменить механический состав на песчано-галечниковые, то фактор К изменится на 0,16.

Т.к. суглинистые – 0,45 и песчано-галечниковые отложения – 0,16.

Фактор С равен 0,09, если тип землепользование станет пашней, то параметр фактора С от 0,09 изменится на 0,01.

Т.к. для зерновых культур (пашни) – 0,005 и для сенокоса и пастбища – 0,0875.

То есть получается, что преобразованные факторы К и С:

R	K	LS	C	P	
187.00	0.16	0.57	0.01	0.75	

Преобразованный А-фактор станет равен по формуле 2:

$$A = 187 * 0,16 * 0,57 * 0,01 * 0,75 = 0,13 \text{ тонн/га/год}$$

Его показатель уменьшился с 3,15 до 0,13 тонн/га/год, то есть на 3,05 тонн/га/год стал меньше.

Можно сделать вывод, что при снижении факторов К и С будет соответственно понижаться А-фактор.

А для снижения необходимо улучшать механический состав почвы, повышать плодородие почв и следить за увлажненностью почвы, также необходимо развивать сельскохозяйственный сектор, заниматься земледелием и повышать уровень данного сектора.

Литература

- 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.
- Wischmeier W.H., Smith, D.D. (1978) Predicting Rainfall Erosion Losses: a Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook 282. USDA-ARS, USA.
- Акиянова Ф.Ж., Васильченко Н.И. (2015) Процессы эрозии и дефляции почв Акмолинской области в условиях агломерационного развития региона // Материалы международной конференции «Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития». – Улан-Уде, – С. 372–376.
- Воронин А.Д., Кузнецов М.С. (1970) Опыт оценки противозерозионной стойкости почв // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 1. – М., – С. 99-115.
- Гаврилица А.О. (1993) Эрозионные процессы при поливе дождеванием и пути их минимизации // Почвоведение. – № 1. – С. 77-84.
- Гендугов В.М., Глазунов Г.П. (2007) Ветровая эрозия почвы и запыление воздуха. – М.: Физматлит, – 240 с.
- Добровольский Г.В., под ред. Добровольского Г.В. (2002) Деградация и охрана почв: монография. – М.: Изд-во МГУ, – 654 с.

- Заславский М.Н. (1983) Эрозиоведение: учебник для геогр. и почв. спец, вузов. – М.: Высшая школа, – 320 с.
- Заславский, (1979) М. Н. Эрозия почв М.: Мысль, – 245 с.
- Кузнецов М.С., Глазунов Г.П., Зорина Е.Ф. (1992) Физические основы эрозии почв. Моек. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М. : Изд-во МГУ, – 95 с.
- Ларионовт Г.А. (1993) Эрозия и дефляция почв : основные закономерности и количественные оценки. – М. : Изд-во МГУ, – 200 с
- Маккавеев Н.И. (1955) Русло реки и эрозия в ее бассейне; АН СССР, Ин-т геогр. – М.: АН СССР, – 348 с.
- Мирцхулава Ц.Е. (1967) Размыв русел и методика оценки их устойчивости – М.: Колос, – 179 с.
- Мирцхулава Ц.Е. (1970) Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, – 239 с.
- Мирцхулава Ц.Е. (1988) Основы физики и механики эрозии русел. – Л.: Гидрометеиздат, – 303 с.

References

- Akiyanova F.ZH., Vasil'chenko N.I. (2015) Protsessy erozii i deflyatsii pochv Akmolinskoy oblasti v usloviyakh aglomeratsionnogo razvitiya regiona [Processes of erosion and deflation of soils in Akmola region in the conditions of agglomeration development of the region] // Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Ekosistemy Tsentral'noy Azii v sovremennykh usloviyakh sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya». Ulan-Ude, S. 372–376.
- Voronin A.D., Kuznecov M.S. (1970) Opyt ocenki protiverozionnoj stojkosti pochv [Experience in assessing soil erosion resistance]// Eroziya pochv i ruslovye processy. Vyp. 1. – М., – S. 99-115.
- Gavrilya A.O. (1993) Eroziionnye processy pri polive dozhdevaniem i puti ih minimizatsii [Erosion processes during sprinkling and ways to minimize them]// Pochvovedenie. – № 1. – S. 77-84.
- Gendugov V.M., Glazunov G.P. (2007) Vetrovaya eroziya pochvy i zapylenie vozduha [Wind soil erosion and air dusting]. – М.: Fizmatlit, – 240 s.
- Dobrovol'skij G.V., pod red. Dobrovol'skogo G.V. (2002) Degradatsiya i ohrana pochv: monografiya [Soil degradation and protection: monograph]. – М. : Izd-vo MGU, – 654 s.
- Zaslavskij M.N. (1983) Eroziovedenie : uchebnik dlya geogr. i pochv. spec, vuzov [Erosiology: a textbook for geogr. and soils. specialist, universities]. – М. : Vysshaya shkola, – 320 s.
- Zaslavskij, (1979) М. Н. Eroziya pochv [Soil erosion] М.: Mysl', – 245 s.
- Kuznecov M.S., Glazunov G.P., Zorina E. F. (1992) Fizicheskie osnovy erozii pochv [Physical basis of soil erosion]. Моек. гос. un-t im. М. В. Lomonosova. – М. : Izd-vo MGU, – 95 s.
- Larionovt G.A. (1993) Eroziya i deflyatsiya pochv : osnovnye zakonomernosti i kolichestvennye ocenki [Soil erosion and deflation: basic patterns and quantitative estimates]. М. : Izd-vo MGU, – 200 s.
- Mirckhulava C.E. (1988) Osnovy fiziki i mekhaniki erozii rusel [Fundamentals of physics and mechanics of channel erosion]. – Л.: Gidrometeoizdat, – 303 s.
- Makkaveev N.I. (1955) Ruslo reki i eroziya v ee bassejne; [River bed and erosion in its basin;] АN SSSR, In-t геогр. – М.: АN SSSR, – 348 s.
- Mirckhulava C.E. (1967) Razmyv rusel i metodika ocenki ih ustojchivosti [Erosion of channels and methods for assessing their stability] – М.: Kolos, – 179 s.
- Mirckhulava C.E. (1970) Inzhenernye metody rascheta i prognoza vodnoj erozii [Engineering methods for calculating and forecasting water erosion]. М.: 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.
- Wischmeier W. H. (1978) Predicting rainfall erosion losses / W. H. Wischmeier, D. D. Smith // US Dept, of Agric. Handbook. – № 537. – 65 p.
- Kim H.S. (2006) Soil Erosion Modeling Using RUSLE and GIS on the IMHA Watershed, South Korea. Doctoral dissertation. Colorado State University, USA.