

Ольга Игоревна Иванова¹

¹ Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹ ivolga49@yandex.ru

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ ЗЕМЕЛЬ СЗАО «ЛЕГОСТАЕВСКОЕ»

Цель исследования – проведение оценки эрозионной опасности от водной, ветровой эрозии почв территории хозяйства СЗАО «Легостаевское», расположенного в Новоселовском районе Красноярского края. Объектом исследования являются земли, подверженные эрозионным процессам (от водной и ветровой эрозии почв). В ходе исследования были применены методы наблюдения, измерения, анализа, классификации эродированных земель. При использовании крупномасштабных топографических, почвенных карт были выделены склоны, подверженные эрозионным процессам от ливневых дождей, на которых определена величина потенциального смыва на каждом стометровом отрезке с учетом формы склона, уклона, рельефа, типа почвы. Рассмотрено применение комплекса противозрозионных мероприятий по результатам расчета потенциального смыва от ливневых вод с учетом класса эрозионной опасности. Проведена оценка потенциального роста оврагов, определены максимальные размеры форм размыва, интенсивность линейной эрозии, стадия развития оврага. Проведена оценка потенциальной дефляции почв, распространения, интенсивности дефляции на территории хозяйства в зависимости от ветрового режима и дефлируемости почвы. На естественный ход природных процессов огромное влияние оказывает хозяйственная деятельность человека. С одной стороны, неразумное пользование землей приводит к усилению процесса деградации почв в результате развития эрозии, потери ею потенциального и эффективного плодородия. Чисто естественные условия территории, где сильно развита эрозия, сами по себе не являются причиной ее развития, они лишь усиливают этот процесс после нарушения равновесия в природе человеком. С другой стороны, рациональное хозяйствование, ведение земледелия на научной основе, учитывающее естественный ход процессов и возможные последствия практической деятельности человека, являются надежной гарантией сохранения и повышения плодородия земель. Комплекс организационно-хозяйственных агротехнических, мелиоративных, гидротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий, в первую очередь противозрозионная организация территорий, способствует предотвращению эрозионных процессов. В результате проведенного исследования по результатам оценки составлена карта эрозионной опасности земель СЗАО «Легостаевское» Новоселовского района Красноярского края.

Ключевые слова: эрозионные процессы, потенциальный смыв, ливневые воды, овраг, линейная эрозия, противозрозионные мероприятия

Для цитирования: Иванова О.И. Комплексная оценка эрозионной опасности земель СЗАО «Легостаевское» // Вестник КрасГАУ. 2022. № 2. С. 19–28. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-19-28.

Olga Igorevna Ivanova¹

¹ Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹ ivolga49@yandex.ru

LAND EROSION HAZARD COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SZAO LEGOSTAYEVSKOYE

The purpose of the study is to assess the erosion hazard from water and wind erosion of soils on the territory of the Legostaevskoye SZAO (agricultural closed joint stock company), located in the Novoselovo District of the Krasnoyarsk Region. The object of the study are lands subject to erosion processes (from water and wind erosion of soils). In the course of the study, the following methods were applied: observation, measurement, analysis, classification of eroded lands. When using large-scale topographic, soil maps, slopes subject to erosion processes from heavy rains were identified, on which the magnitude of the potential washout at each hundred-meter segment was determined, taking into account the shape of the slope, slope, topography, and soil type. The application of a set of anti-erosion measures based on the results of calculating the potential washout from storm water, taking into account the erosion hazard class, is considered. An assessment of the potential growth of ravines was carried out, the maximum sizes of erosion forms, the intensity of linear erosion, and the stage of development of the ravine were determined. An assessment of potential soil deflation, distribution, intensity of deflation on the territory of the farm, depending on the wind regime and soil deflation was carried out. The normal course of natural processes is greatly influenced by human economic activity. On the one hand, the unreasonable use of land leads to an increase in the process of soil degradation as a result of the development of erosion, the loss of its potential and effective fertility. The purely natural conditions of the territory where erosion is highly developed are not in themselves the cause of its development; they only intensify this process after the balance in nature has been disturbed by man. On the other hand, rational management, farming on a scientific basis, taking into account the natural course of processes and the possible consequences of human activities, is a reliable guarantee of preserving and increasing land fertility. A complex of organizational and economic agrotechnical, reclamation, hydrotechnical and organizational and economic measures, primarily the anti-erosion organization of territories, contributes to the prevention of erosion processes. As a result of the study, based on the results of the assessment, a map of the erosion hazard of the lands of the SZAO (agricultural closed joint stock company) Legostaevskoye in the Novoselovo District of the Krasnoyarsk Region was compiled.

Keywords: erosion processes, potential washout, storm water, ravine, linear erosion, anti-erosion measures

For citation: Ivanova O.I. Land erosion hazard comprehensive assessment of SZAO Legostayevskoye // Bulliten KrasSAU. 2022;(2):19–28. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-19-28.

Введение. На территории Восточной Сибири различным видам эрозии подвержено большое количество пахотных земель, что составляет почти половину ее общей площади в зоне. Особенности почвенно-климатических условий на территории Восточной Сибири, хозяйственная деятельность человека накладывают специфические особенности на развитие эрозионных процессов. Интенсивный ветровой режим, континентальность климата рассматриваемой территории, легкие по механическому составу почвы, наличие склоновых земель и высокая распаханность определяют направление эрозионных процессов [1].

На территории Красноярского края выделяются три зоны проявления эрозии (по административным районам): зона ветровой эрозии; зона водной эрозии; зона смешанной эрозии [2, 3].

Цель исследования – проведение оценки эрозионной опасности от водной, ветровой эрозии почв территории хозяйства СЗАО «Легоста-

евское», расположенного в Новоселовском районе Красноярского края.

Задачи исследования: 1) используя методические основы оценки эрозии и дефляции почв в условиях юга Красноярского края, определить потенциальный смыл от ливневых вод с учетом формы склона, уклона, рельефа, типа почвы [3–5]; 2) по результатам расчета потенциального смыва от ливневых вод с учетом класса эрозионной опасности, рассмотреть применение комплекса противозерозионных мероприятий; 3) определить максимально возможные размеры оврагов, распространение и темпы развития в сочетании с физико-географическими, геолого-морфологическими, инженерно-геологическими факторами; 4) определить дефляционную опасность земель; 5) по результатам оценки составить карту эрозионной опасности земель СЗАО «Легостаевское» Новоселовского района Красноярского края.

Объекты, методы, результаты и их обсуждение. Объектом исследования являются земли, подверженные эрозионным процессам (от водной и ветровой эрозии почв). В ходе исследования были применены следующие методы: наблюдения, измерения, анализа, классификации эродированных земель.

Проблемой оценки эрозионных процессов на территории России занималось большое количество исследователей, в основном для европейской части страны, что отражено во многих статьях, монографиях, учебниках, методических указаниях [1, 2]. Для территории юга Красноярского края разработкой методических основ оценки эрозии и дефляции почв в 1999–2001 гг. занималась группа преподавателей Красноярского ГАУ во главе с профессором Д.А. Бураковым [3–5]. Методические основы могут применяться для определения эрозии почв от стока талых, ливневых (дождевых) вод; для определения дефляции почв.

Согласно физико-географическому районированию, СЗАО «Легостаевское» расположено в Чулымо-Енисейской котловине, слабооблесенной – лесостепной зоне. Территория относится к умеренно прохладному агроклиматическому району с недостаточным увлажнением [6]. Почвы здесь представлены черноземами южными и обыкновенными, в большинстве высокоплодородными. В весенне-зимний и осенне-зимний периоды, когда почва наиболее обнажена, наблюдается наибольшее число дней с сильным ветром, в основном юго-западного направления. Небольшое количество осадков, сильные ветры и значительная распаханность территории способствуют развитию ветровой и водной эрозии, что характерно для зоны проявления смешенной эрозии [3–5].

На территории СЗАО «Легостаевское» ветровая эрозия почв проявляется ежегодно, разной интенсивности. В связи с равнинным рельефом местности водная эрозия проявляется слабее, чем ветровая. Толщина снегового покрова различна на рассматриваемой территории – от 15–20 см. Основная часть распаханых земель СЗАО «Легостаевское» расположена на открытых равнинных пространствах, где снег сдувается в лога, овраги, накапливаясь там, и поля остаются открытыми. Плоскостная эрозия здесь проявляется в результате выпадения дождей, а не от таяния снежного покрова. На притеррасных участках, примыкающих к пойме реки Чулым, встречаются овраги небольших размеров, но с

потенциалом дальнейшего развития в связи с частичной задернованностью их бортов. Для оценки плоскостной эрозии от ливневых (дождевых) вод используется величина потенциального смыва (т/га в год), которая определяется с учетом почвенно-климатических условий, рельефа на полях, занятых чистым паром или зябью.

Для работы были использованы крупномасштабные топографические, почвенные карты. Расчеты потенциальной интенсивности смыва почв от ливневых вод проводились по контрольным линиям (участкам), которые были разбиты на 100-метровые отрезки. На территории хозяйства были выделены склоны, занятые пашней с уклоном более 2,5°, они более всего подвержены плоскостному смыву почвы, начиная от водоразделов до бровок балок, оврагов по линиям стока, определялась крутизна, уклон, форма, экспозиция склонов. На территории хозяйства было выделено 18 участков, наиболее подверженных эрозии почв от ливневых вод.

Расчет потенциального смыва земель от стока ливневых дождей (E_{δ}) ведется с использованием универсального уравнения Уйшмеера [5], это уравнение для чистого пара и зяби имеет вид

$$E_{\delta} = E_{\delta} \cdot P \cdot P, \quad (1)$$

где E_{δ} – эрозионный потенциал осадков; P – эродируемость (смываемость) почв, т/га; P – эрозионный потенциал рельефа.

$$E_{\delta} = 0,258 \cdot E_{30} - 0,149, \quad (2)$$

где E_{30} – эрозионный индекс осадков.

Влияние рельефа на потенциальный смыв земель описывается уравнением

$$P = \left[\frac{L}{22,13} \right]^m (0,065 + 0,045i + 0,0065i^2) \cdot \Phi, \quad (3)$$

где L – длина участка, т. е. расстояние от водораздела до места отложения наносов в метрах; i – уклон, % (значения i и L снимаются с топографической карты); m – параметр зависит от i -уклона на расчетном участке. Φ – показатель формы склона: для прямых склонов $\Phi = 1$, для выпуклых $\Phi = 1,5$, для вогнутых $\Phi = 0,5$.

Эродируемость почв P – это количество эродируемой почвы, т/га, на единицу эрозионного потенциала осадков. Значения P определяются в зависимости от типа, гранулометрического состава почвы, содержания гумуса, степени смытости, материнской породы.

$$П = -0,0296 \cdot Y^3 + 0,3537 \cdot Y^2 + 0,2233 \cdot Y + 0,1392, \quad (4)$$

$$\text{где } Y = -0,19365 \cdot \Gamma + 0,042576 \cdot \Phi_M + 0,011187 \cdot \Phi_K; \quad (5)$$

Γ – содержание гумуса, %; Φ_M – содержание мелкого песка, %; Φ_K – содержание крупного песка, %.

Результаты оценки потенциального смыва почв от стока ливневых вод на примере трех участков приведены в таблице 1.

Необходимость проведения противоэрозионных мероприятий (ПЭМ) определяется с учетом класса эрозионной опасности [4], путем сравнения потенциального смыва от ливневых вод (\mathcal{E}_d)

и допустимого смыва (D), характеризующего величину естественного почвообразовательного процесса. Проведение противоэрозионных мероприятий (ПЭМ) требуется, если почвы смываются больше, чем восстанавливаются.

Результаты необходимости проведения (ПЭМ) по расчетным участкам сведены в таблице 2. На всех рассматриваемых отрезках требуется проведение противоэрозионных мероприятий.

Таблица 1

Оценка потенциального смыва почв от стока ливневых вод

Номер участка	Номер отрезка	I, %	L, м	Φ	P	П, т/га	E_{30}	\mathcal{E}_d , т/га в год
I	1	8,0	200	0,5	1,26	0,8	16	16,1
	2	5,7	87,5	0,5	0,53	0,8	16	6,8
	3	8,5	175	0,5	1,26	0,8	16	16,1
	4	5,7	175	0,5	0,46	0,8	16	5,9
	5	4,2	350	0,5	0,55	0,8	16	5,3
II	1	2,7	325	1,5	0,77	0,6	16	7,4
	2	5,0	250	1,0	1,53	0,8	16	19,6
	3	7,0	250	1,0	2,30	0,8	16	29,5
II	1	10,0	250	1,0	3,96	1,0	16	63,4
	2	4,0	125	1,0	0,38	0,6	16	3,7

Таблица 2

Определение классов эрозионной опасности и необходимость проведения комплекса противоэрозионных мероприятий

Номер участка	Номер отрезка	D, т/га в год	\mathcal{E}_d , т/га в год	Класс эрозионной опасности	Необходимость ПЭМ
1	1	2,5	16,1	3	+
	2	2,5	6,8	2	+
	3	2,5	16,1	3	+
	4	2,5	5,9	2	+
	5	2,5	5,3	2	+
2	1	2,5	7,4	2	+
	2	2,5	19,6	3	+
	3	2,5	29,5	4	+
3	1	2,0	63,4	5	+
	2	2,5	3,7	2	+

В СЗАО «Легостаевское» следующее распределение площадей, занятых той или иной культурой (в % от общей площади пашни): зерновые – 52 %; пропашные – 16; однолетние травы – 20; пар – 12 %. Чтобы проверить, насколько правильно спланированы севообороты в хозяйстве с учетом эрозионной опасности, необходимо определить комплексный коэффициент севооборотов (C_K) по методике [5] на расчетных участках по формуле

$$C_K = \frac{(\sum_{i=1}^n C_i \cdot F_i)}{100}, \quad (6)$$

где C_i – коэффициент защитной роли культуры в севообороте: для зерновых он составляет 0,5, для однолетних – 0,05, для кукурузы – 0,6 и для пара – 1,0; F_i – площадь, занимаемая культурой в севообороте.

Комплексный коэффициент для севооборотов ЗАО «Легостаевское» составил 0,47. Определим необходимость изменения составов севооборотов на расчетных участках с учетом эрозионной опасности от стока дождевых вод. Необходимость изменения выясняется путем сравнения отношения D_c/Δ_d , которое показывает максимально допустимое значение коэффициента защитной роли севооборота (C_K), позволяющего избежать эрозионной опасности. Если $D_c/\Delta_d < C_K$, значит, такой состав севооборотов не удовлетворяет условиям защиты почвы от эрозии, и его нужно менять. При необходимости изменения состава севооборотов используются данные [5]. Для этого в приложении выбираются значения C_K . Необходимость изменения состава севооборотов отражена в таблице 3.

Таблица 3

Изменение состава севооборотов с учетом эрозионной опасности

Номер участка, отрезка	D_c , т/га в год	Δ_d , т/га в год	D_c/Δ_d	C_K	Необходимость изменения состава севооборотов	Состав севооборотов			С из приложения [4]	$\Delta_{ост}$, т/га в год	Необходимость других ПЭМ	
						Зерн. + травы	Проп. + пар	Однолетние травы				
1	2	2,5	6,8	0,37	0,47	+	72	28	20		3,2	+
							80	20	30	0,33	2,2	-
	3	2,5	5,9	0,42	0,47	+	72	28	20		2,7	+
							80	20	30	0,33	1,9	-
2	1	2,5	7,4	0,33	0,47	+	72	28	20		3,5	+
							80	20	30	0,33	2,4	-
3	2	2,5	3,7	0,67	0,47	-	72	28	20		1,7	-

После проведения оценки эрозии почвы от ливневых вод, согласно методике [5], на примере трех участков, расположенных в СЗАО «Легостаевское», предлагается: для отрезков, на которых класс эрозионной опасности 3, 4, 5 (см. табл. 2), проведение агротехнических приемов обработки почвы, виды противозерозионных агротехнических приемов и значения коэффициентов защитной роли агротехники согласно методике; на отрезках, где потенциаль-

ный смыл больше 6 т/га в год, изменить состав культур в севообороте, увеличить площадь однолетних трав, уменьшить площадь пропашных культур и пара (см. табл. 3); на остальных отрезках не менять состав севооборотов, защитной роли существующих достаточно, чтобы смыл почвы не проявлялся больше допустимых пределов.

Оценка потенциального роста оврагов. Распространение и темпы развития оврагов на

водосборе определяются сочетанием физико-географических, геолого-геоморфологических, инженерно-геологических факторов. Все эти факторы взаимосвязаны между собой, и изменение одного из них ведет к усилению или ослаблению донного размыва. Среди климатических факторов на эрозионный процесс непосредственно воздействуют только осадки. Сумма и активность их выпадения обуславливают энергию водных потоков и активность размыва.

На развитие линейной эрозии большое воздействие оказывают механический состав и рельеф склона. На территории СЗАО «Легостаевский» существует пять крупных оврагов, которые в процессе своего развития могут выйти на ценные земли, остальные овраги не угрожают ценным землям или облесены и не развиваются. Для предотвращения развития овражной эрозии необходимо знать максимальные размеры форм размыва, интенсивность линейной эрозии, стадию развития оврага.

На первом этапе выполняется отдельный расчет расходов дождевого паводка и весеннего половодья на редуцированной основе для 1 % вероятности превышения по формуле [7, 8]

$$Q_{\max, 1\%} = \frac{M_{\text{э}, 1\%} F}{(F + 1)^n} \cdot 0,001, \quad (7)$$

где $Q_{\max, 1\%}$ – срочный максимальный расход воды 1 % обеспеченности, л/с ($\text{м}^3/\text{с}$); $M_{\text{э}, 1\%}$ – элементарный модуль максимального расхода 1 % обеспеченности, л/(с · км^2); F – площадь водосбора, км^2 ; n – показатель степени редукции модуля максимального расхода при увеличении размеров водотока. Площадь водосбора – территория, включая толщу почвогрунтов, откуда происходит сток в водоток (река, ручей и т. д.).

Элементарный модуль максимального расхода дождевого паводка 1 % вероятности превышения определяется по уравнению

$$M_{\text{э}, 1\%} = 10^{-3} \cdot X_{\text{Б}, 1\%}^{3,48}, \quad (8)$$

где $X_{\text{Б}, 1\%}$ – наибольшие суточные осадки 1 % обеспеченности, мм, приведенные к средней высоте водосбора (склона) $H_{\text{Б}}$, м.

Величина $X_{\text{Б}, 1\%}$ рассчитывается по формуле

$$X_{\text{Б}, 1\%} = X_{\text{с}, 1\%} \left[1 + \gamma_x \cdot \left(\frac{H_{\text{скл}} - H_{\text{мст}}}{100} \right) \right], \quad (9)$$

где $H_{\text{мст}}$ – высота метеостанции, м; $H_{\text{скл}}$ – высота склона; γ_x – градиент увеличения количества осадков на каждый 1 мм исходных расчетных осадков на метеостанции и на каждые 100 м увеличения высоты, принят равным 0,1 мм/100 м. Показатель степени редукции модуля максимального расхода воды дождевого паводка (n) дифференцируется по размеру водосборной площади водотока F . От расхода 1 % обеспеченности переходим к расходу 10 % обеспеченности, при использовании $\lambda_{\text{р}\%}$ – переходных коэффициентов (0,404 – для дождевого паводка, 0,507 – для весеннего половодья).

На втором этапе вычисляются морфометрические характеристики овражной эрозии [3]. Максимально возможная длина оврага (l_{\max}) определяется по формуле

$$l_{\max} = \frac{0,3HQ_{10\%}^{0,67}}{v^{2,67} n^2 A^{0,67}}, \quad (10)$$

где H – глубина местного базиса эрозии, м; Q – расход ливневого и талого стока 10 % обеспеченности, $\text{м}^3/\text{с}$; v – размывающая скорость для грунтов склона; n – коэффициент шероховатости (0,03 – для рыхлых и 0,08 для твердых пород); A – коэффициент формы потока в русле (10 – для рыхлых и 5 для твердых пород: известняки, мергель). Глубина местного базиса эрозии определяется как превышение самой высокой точки на водосборе над самой минимальной точкой.

Максимально возможная глубина оврага h_{\max} определяется по формуле

$$h_{\max} = 0,85 \times H - L_1 \cdot \text{tg}\beta, \quad (11)$$

где L_1 – расстояние от водораздела до бровки, м; H – глубина местного базиса эрозии, м; β – угол наклона склона от водораздела к бровке оврага.

Расстояние от водораздела до бровки, расстояние от линии водораздела (т. е. линии, ограничивающей водосбор) – до верхней границы оврага.

Максимально возможный объем оврага (W_{\max}) рассчитывается как сумма геометрических фигур

$$W_{\max} = 0,52 \cdot l_{\max} \cdot h_{\max}^2, \quad (12)$$

Площадь, которую будет иметь овраг в случае своего максимального развития (F_{max}), равна

$$F_{max} = \left[1,35 \cdot \left(\frac{Q^{0,5}}{W_{max}} \right) + 1,76 \cdot h_{max} \right] \cdot l_{max} \quad (13)$$

Определенная площадь водосбора каждого оврага равна: овраг № 1 $F_1 = 47 \text{ км}^2$; овраг № 2 $F_2 = 47 \text{ км}^2$; овраг № 3 $F_3 = 36 \text{ км}^2$; овраг № 4 $F_4 = 8,7 \text{ км}^2$; овраг № 5 $F_5 = 50,2 \text{ км}^2$.

Максимально возможная длина: овраг № 1 $L_{max} = 8,6 \text{ км}$, его длина на сегодняшний момент составляет 1,4 км, отсюда следует, что овраг еще будет расти; овраг № 2 $L_{max} = 4,0 \text{ км}$, на сегодняшний момент длина составляет 0,87 км, овраг будет расти; овраг № 3 $L_{max} = 9,2 \text{ км}$, на сегодняшний момент длина оврага составляет 1,8 км, овраг будет расти; овраг № 4 $L_{max} = 3,3 \text{ км}$, на сегодняшний момент – 0,5 км, будет расти; овраг № 5 $L_{max} = 5,5 \text{ км}$, на сегодняшний момент длина составляет 1,7 км, будет расти.

На склонах балок для снижения смыва почв до допустимых размеров, предупреждения процессов размыва, оврагообразования и регулирования стока следует предусматривать расчленение этих склонов постоянными линейными рубежами: противозерозионными сооружениями; устойчивым травяным покровом; защитными лесными насаждениями, а также использовать противозерозионные агротехнические приемы на доступных для механизированных работ участках.

На территории СЗАО «Легостаевский» в соответствии с [3] предлагается для оврагов № 1, 2, 3, 5 (так как их площадь водосбора больше 20 км^2 , но меньше или равна 50 км^2) применение гидротехнических сооружений: системы водозадерживающих валов, вало-плотин и водотоудводящих валов. Для оврага № 4 водозадерживающие валы в сочетании с выполаживанием откосов с частичной засыпкой – до образования тракторо-проходимой ложбины.

Оценка потенциальной дефляции. Для расчета потенциальной дефляции на территории СЗАО «Легостаевское» было выделено 7 участков (контуров).

Распространение и интенсивность дефляции зависят от двух главных факторов – ветрового режима и дефлируемости почвы. Дефлируемость почвы зависит от ее физических свойств, прежде всего от гранулометрического состава [4]. Для определения относительной противодефляционной устойчивости почв (Π_d) по каждому контуру были взяты характеристики почв.

Для определения относительной характеристики противодефляционной устойчивости почв (Π_d) Г.А. Ларионов [1], по данным стандартных анализов, предложил зависимость

$$\Pi_d = 24,7 + 0,9 \cdot a - 0,3 \cdot b - 0,4 \cdot d + 10,1 \cdot \Gamma^{0,85}, \quad (14)$$

где Π_d – показатель относительной противодефляционной устойчивости почвы; a – содержание ила ($\leq 0,001 \text{ мм}$), %; b – мелкого песка ($0,05 - 0,25 \text{ мм}$), %; d – крупного песка ($> 0,25 \text{ мм}$), %; Γ – гумуса, %.

Показатель противодефляционной устойчивости почв в СЗАО «Легостаевское» колеблется в пределах $\Pi_d = 74 - 105,5 \%$.

Чем больше Π_d , тем более устойчивы почвы к развеванию ветрами.

В зависимости от Π_d были определены пороговые скорости ветра (u_0), при котором начинается их развевание [3, 4]. Для обыкновенных и выщелоченных черноземов $u_0 = 9 \text{ м/с}$.

Пороговая скорость ветра используется для расчета дефляционного потенциала ветра (B_i). Дефляционный потенциал ветра рассчитывается для разных пороговых скоростей u_{0i} (8, 10, 12 и

14 м/с) по зависимости, имеющей следующий вид:

$$B_i = 0,001 \sum_1^n \left(u_j^3 f_j \frac{1}{1 + 10^{8(1-u_j/u_{0i})}} \right), \quad (15)$$

где B_i – дефляционный потенциал для i -й пороговой скорости; u_j – средняя скорость ветра j -й скоростной градации, м/с; f_j – повторяемость ветров j -й скоростной градации от общего числа наблюдений в месяце, %.

С учетом рассмотренных оценок *интенсивность дефляции определяется по формуле*

$$D = \frac{C \cdot z}{1 + 10^{4,44 - 0,4z}}, \quad (16)$$

где D – интенсивность дефляции, т/га в год; $C = 4,54$ – коэффициент пропорциональности;

z – коэффициент, определяемый с учетом дефляционного потенциала ветра, поправочного коэффициента на рельеф контура, почвозащитного коэффициента растительности основных полевых культур согласно [4, 5].

Расчеты проводились в трех вариантах: 1) по данным о гранулометрическом составе и со-

держании гумуса в почвах (табл. 4); 2) с учетом вероятного снижения пороговой скорости ветра на 1 м/с из-за возможного истощения почв за период, прошедший с момента почвенной съемки (табл. 5); 3) с учетом изменения пороговой скорости ветра на 2 м/с из-за истощения почв (табл. 6).

Таблица 4

Результаты оценки дефляции почв по данным о гранулометрическом составе и содержании гумуса в почвах

Расчетные характеристики контуров				Дефляция D , т/га в год	Характеристика контуров						
N_k	B_i	m	K_v		Почвы, %				u_0 , м/с	Уклон, %	Экспозиция склона
					a	b	d	$г$			
1	6,3	1,580	1,00	0,34	18,0	53,1	0,7	9	13	До 1	–
2	2,3	1,545	1,00	0,00	20,5	10,6	0,6	9	14	До 1	–
3	3,1	1,545	1,00	0,01	17,5	51,2	0,6	11,7	14	До 2	св
4	8,4	1,580	1,00	2,90	16,3	50,2	0,5	9	13	До 3	св
5	3,1	1,545	1,00	0,01	16,2	19,6	0,7	9	14	До 3	св
6	6,3	1,580	1,00	0,34	20,0	54,7	0,5	9	13	До 1	–
7	3,1	1,545	1,00	0,01	20,5	10,6	0,6	9	14	До 3	св

Здесь и далее: N_k – номер контура; u_0 – пороговая скорость ветра, м/с; K_v – коэффициент, учитывающий рельеф; B_i – дефляционный потенциал; m – коэффициент; D – интенсивность дефляции, т/га в год.

По результатам расчетов интенсивность дефляции значительно больше с учетом изменения пороговой скорости ветра на 2 м/с в отличие от остальных вариантов (см. табл. 6). Наименьший коэффициент интенсивности дефляции почв получается по данным расчета о гранулометрическом составе и содержании гумуса в

почвах (см. табл. 4). Если сравнивать коэффициенты интенсивности дефляции представленных контуров во всех трех вариантах расчета: чем больше величина дефляционного потенциала ветра, меньше в почве гумуса, крупного песка, тем больше потенциальная дефляция.

Таблица 5

Результаты оценки дефляции почв с учетом вероятного снижения пороговой скорости ветра на 1 м/с

Расчетные характеристики контуров				Дефляция D , т/га в год	Характеристика контуров						
N_k	B_i	m	K_v		Почвы, %				u_0 , м/с	Уклон, %	Экспозиция склона
					a	b	d	$г$			
1	10,3	1,609	1,00	15,14	18,0	53,1	0,7	9	12	До 1	–
2	6,3	1,580	1,00	0,34	20,5	10,6	0,6	9	13	До 1	–
3	8,4	1,580	1,00	2,87	17,5	51,2	0,6	11,7	13	До 2	св
4	13,7	1,609	1,00	56,99	16,3	50,2	0,5	9	12	До 3	св
5	8,4	1,580	1,00	2,87	16,2	19,6	0,7	9	13	До 3	св
6	10,3	1,609	1,00	15,14	20,0	54,7	0,5	9	12	До 1	–
7	8,4	1,580	1,00	2,87	20,5	10,6	0,6	9	13	До 3	св

**Результаты оценки дефляции почв с учетом изменения
пороговой скорости ветра на 2 м/с**

Расчетные характеристики контуров				Дефляция D, т/га в год	Характеристика контуров						
N _k	V _i	m	K _v		Почвы, %				u ₀ м/с	Уклон, %	Экспозиция склона
					a	b	d	г			
1	11,7	1,637	1,00	33,72	18,0	53,1	0,7	9	11	До 1	–
2	10,3	1,609	1,00	15,14	20,5	10,6	0,6	9	12	До 1	–
3	13,7	1,609	1,00	56,99	17,5	51,2	0,6	11,7	12	До 2	св
4	15,6	1,637	1,00	69,51	16,3	50,2	0,5	9	11	До 3	св
5	13,7	1,609	1,00	56,99	16,2	19,6	0,7	9	12	До 3	св
6	11,7	1,637	1,00	33,72	20,0	54,7	0,5	9	11	До 1	–
7	13,7	1,609	1,00	56,99	20,5	10,6	0,6	9	12	До 3	св

Карта эрозионной опасности земель. По результатам расчета потенциального смыва от стока ливневых вод и дефляционно опасных ветров, по категориям эрозионно-опасных земель и видам эрозионных процессов составлена карта эрозионной опасности земель.

Заключение. В ходе исследования проведена оценка водной, ветровой эрозии почв территории хозяйства СЗАО «Легостаевское», расположенного в Новоселовском районе Красноярского края. При использовании крупномасштабных топографических, почвенных карт были выделены склоны, подверженные эрозионным процессам от ливневых дождей, на которых определена величина потенциального смыва на каждом стометровом отрезке с учетом формы склона, уклона, рельефа, типа почвы. Рассмотрено применение комплекса противоэрозионных мероприятий по результатам расчета потенциального смыва от ливневых вод. Проведена оценка потенциального роста оврагов, определены максимальные размеры форм размыва, интенсивность линейной эрозии, стадия развития оврага. Проведена оценка потенциальной дефляции почв, распространение, интенсивность дефляции на территории хозяйства в зависимости от ветрового режима и дефлируемости почвы. По результатам оценки составлена карта эрозионной опасности земель СЗАО «Легостаевское» Новоселовского района Красноярского края.

На территории СЗАО «Легостаевский» выделены следующие категории земель по видам эрозионных процессов.

1. Только дефляционно опасные – 82 %:

а) сильно дефлируемые – занимают 22 % всей площади пашни, с экспозицией склона юг и юго-запад, они проходят по югу и несколькими массивами по центру хозяйства;

б) среднедефлируемые – занимают 17 % всей площади пашни, склоны чаще северо-западной, восточной, юго-восточной экспозиции и открытых прямых участков (пойменные), они расположены на северо-западе хозяйства обширным массивом и отдельными небольшими участками по всей территории землепользования;

в) слабдефлируемые – занимают 43 % всей площади пашни, склоны северо-восточной, северной экспозиции, они менее всего подвержены дефляции, потому что среднегодовое направление ветра юга и юго-западное, эти склоны расположены на северо-востоке СЗАО «Легостаевский» одним обширным массивом, расчлененным пастбищными участками.

2. Смешанная эрозия (водная и ветровая), таких земель в хозяйстве 18 % от общей площади пашни:

а) преимущественно водная (ветровая, в слабой степени себя не проявляет по сравнению с водной) – 2 % от пашни, эти эрозионно опасные участки расположены отдельными компактными массивами в северо-восточной части землепользования, а также в северо-западной и центральной части хозяйства;

б) водная и ветровая в равной степени, она составляет 6 % от всей площади пашни, эти эрозионно опасные участки выделяются в западной части хозяйства и небольшими массивами на юго-западе;

в) преимущественно ветровая, со слабой степенью водной, это наиболее обширный вид смешанной эрозии (10 %), этот вид эрозии получил свое распространение небольшими участками на юго-западе и большей частью на северо-востоке СЗАО «Легостаевский».

Список источников

References

1. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественная оценка. М.: Изд-во МГУ, 1993. 198 с.
 2. Баженова О.И. Пространственно-временной анализ динамически эрозионных процессов на юге Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1997. 206 с.
 3. Бураков Д.А., Маркова Е.Э., Иванова О.И. Разработка методических основ оценки эрозии и дефляции почв в условиях юга Красноярского края: отчет о научно-исследовательской работе / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2000. 104 с.
 4. Бураков Д.А., Виноградова Л.И., Еремينا М.М. Количественная оценка дефляционной опасности в земледельческой зоне Красноярского края // Тр. СибНИГМИ. СПб.: Гидрометеиздат, 2003. Вып. 104. С. 107–122.
 5. Бураков Д.А., Маркова Е.Э. Эрозия почв: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2009. 160 с.
 6. Калашников Е.Н. Физико-географическое районирование Красноярского края и Республики Хакасии (масштаб 1 : 7500000) // Атлас Красноярского края и Республики Хакасии. Новосибирск: Роскартография, 1994. 43 с.
 7. Гидрологические основы водопользования ресурсами малых рек бассейнов Верхнего Енисея, Верхнего Чулыма и Нижней Ангары / А.В. Петенков [и др.]. Красноярск: СибНИИГиМ, 1990. 208 с.
 8. Ivanova O.I., Vinogradova L.I., Kozhukhovskiy A.V. Features of water balance in the Selenga and Onon river basin during the formation of rain floods / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Smolensk, Russian Federation. 2021. Volume 723, № 4. С. 042004.
1. Larionov G.A. `Eroziya i deflyaciya pochv: osnovnye zakonomernosti i kolichestvennaya ocenka. M.: Izd-vo MGU, 1993. 198 s.
 2. Bazhenova O.I. Prostranstvenno-vremennoj analiz dinamicheski `erozionnyh processov na yuge Vostochnoj Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1997. 206 s.
 3. Burakov D.A., Markova E.`E., Ivanova O.I. Razrabotka metodicheskikh osnov ocenki `erozii i deflyacii pochv v usloviyah yuga Krasnoyarskogo kraja: otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2000. 104 s.
 4. Burakov D.A., Vinogradova L.I., Eremina M.M. Kolichestvennaya ocenka deflyacionnoj opasnosti v zemledel'cheskoj zone Krasnoyarskogo kraja // Tr. SibNIGMI. SPb.: Gidrometeoizdat, 2003. Vyp. 104. S. 107–122.
 5. Burakov D.A., Markova E.`E. `Eroziya pochv: ucheb. posobie / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2009. 160 s.
 6. Kalashnikov E.N. Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie Krasnoyarskogo kraja i Respubliki Hakasii (masshtab 1 : 7500000) // Atlas Krasnoyarskogo kraja i Respubliki Hakasii. Novosibirsk: Roskartografiya, 1994. 43 s.
 7. Hidrologicheskie osnovy vodopol'zovaniya resursami malyh rek bassejnov Verhnego Eniseya, Verhnego Chulyma i Nizhnej Angary / A.V. Petenkov [i dr.]. Krasnoyarsk: SibNIIGiM, 1990. 208 s.
 8. Ivanova O.I., Vinogradova L.I., Kozhukhovskiy A.V. Features of water balance in the Selenga and Onon river basin during the formation of rain floods / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Smolensk, Russian Federation. 2021. Volume 723, № 4. S. 042004.

Статья принята к публикации 17.11.2021 / The article accepted for publication 17.11.2021.

Информация об авторах:

Ольга Игоревна Иванова, доцент кафедры природообустройства, кандидат географических наук, доцент

Information about the authors:

Olga Igorevna Ivanova, Associate Professor at the Department of Environmental Engineering, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor