
Шекихачева Л. З.

Shekikhacheva L. Z.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИАГНОСТИКИ ЭРОДИРОВАННОСТИ ПОЧВ

METHODOLOGICAL BASIS FOR DIAGNOSTICS OF SOIL ERODIZATION

Важным звеном методического обеспечения охраны почв от эрозии является диагностика и классификация эродированных почв с целью определения их принадлежности к тому или иному таксону. Именно на основе определения степени эродированности почв и принимаются решения о дальнейшем их использовании и охране. На сегодняшний день все общепризнанные схемы диагностики и классификации эродированных (смытых) почв базируются на определении изменений параметров данного типа почвы по сравнению с параметрами эталона, за который принята незэродированная (не смытая) почва. Одни из них основываются на признаках эродированности по внешнему виду пашины, в других в качестве основного критерия смытости (эродированности) принято уменьшение содержания гумуса в верхних слоях почв. Установлено, что существующие классификационные схемы имеют определенные недостатки. Без их преодоления невозможно создать однозначную и общепринятую систему диагностики и классификационную схему эродированных почв, что тормозит полноценное развитие мониторинга эрозионно опасных почв. Следовательно, дальнейшее совершенствование диагностики и классификационных схем эродированных почв является важной задачей ближайшего будущего. В результате анализа состояния исследуемой проблемы установлено, что на сегодняшний день не существует единого утвержденного и стандартизированного подхода к диагностике и классификации степени эродированности почв. Исходя из этого, рекомендуется пользоваться описанными в данной статье методами, применяя тот или иной из них (или их определенные комбинации) в зависимости от конкретной ситуации.

Ключевые слова: почва, устойчивость, эрозия, эродированность, диагностика, классификация.

An important link in the methodological support of soil protection from erosion is the diagnosis and classification of eroded soils in order to determine their belonging to a particular taxon. It is on the basis of determining the degree of soil erosion that decisions are made on their further use and protection. To date, all generally accepted diagnostic and classification schemes for eroded (washed away) soils are based on determining changes in the parameters of this type of soil in comparison with the parameters of the standard which is assumed to be non-eroded (not washed away) soil. Some of them are based on signs of erosion in the outward appearance of arable land; in others, a decrease in the humus content in the upper soil layers is taken as the main criterion for erosion (erosion). It was found that the existing classification schemes have certain disadvantages. Without overcoming them, it is impossible to create an unambiguous and generally accepted diagnostic system and classification scheme for eroded soils, which hinders the full development of monitoring of erosion-prone soils. Consequently, further improvement of diagnostics and classification schemes of eroded soils is an important task for the near future. As a result of the analysis of the state of the problem under study, it was established that today there is no single approved and standardized approach to the diagnosis and classification of the degree of soil erosion. Based on this, it is recommended to use the methods described in this article, applying one or another of them (or certain combinations of them), depending on the specific situation.

Key words: soil, stability, erosion, erosion, diagnostics, classification.

Шекихачева Людмила Зачиевна –

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и экспертизы недвижимости, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, Нальчик
Тел.: 8 928 0841687
E-mail: sh-ludmila-z@mail.ru

Shekikhacheva Lyudmila Zachiyevna –

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadasters, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
Тел.: 8 928 0841687
E-mail: sh-ludmila-z@mail.ru

Анализ состояния исследуемой проблемы показал, что существующие в настоящее время классификационные схемы имеют определенные недостатки [1-12].

Во-первых, в современных условиях поиск эталонных (неэродированных) почв – довольно сложная задача, потому что в качестве эталона можно использовать только такие почвы, которые находятся в аналогичных (сопоставимых) условиях, и при этом не подвергшихся воздействию эрозии, а такие почвы – редкость.

Во-вторых, в некоторых почвах (в том числе и черноземных) не всегда возможно четко и однозначно выделить границы между горизонтами (которые часто являются размытыми).

В-третьих, исследования некоторых ученых показывают наличие на определенных склонах не просто смытых, а смыто-намытых почв, с очень вариабельной в пространстве глубиной гумусовых горизонтов (за счет чередования в пространстве зон эрозии и аккумуляции). Причем, в зависимости от режима осадков, эти зоны эрозии и аккумуляции могут менять свое положение на склоне. Наличие таких почв приводит к колебаниям глубины гумусовых горизонтов в пространстве и во времени, накладывает определенные ограничения на возможность использования в различных классификационных схемах эродированных почв.

В некоторых классификациях почв эродированные почвы предлагается выделять на уровне варианта, причем не разделяя их по степени эродированности. Недостатками такой системы диагностики и классификации эродированных почв являются отсутствие разделения по степени эродированности, что существенно ухудшает практическое применение этого подхода, а

также очень низкий таксономический уровень (вариант). К тому же, в рамках данного подхода не совсем четко очерчены диагностические признаки эродированности.

В этой связи перспективно использование вспомогательных показателей с целью диагностики степени эродированности почв. В качестве вспомогательных показателей при установлении степени эродированности почв можно использовать некоторые физические и химические характеристики почв, которые изменяются в результате действия эрозионных процессов. Например, такими вспомогательными показателями, которые зависят от степени эродированности почв, могут выступать показатели структурно-агрегатного состава и водостойкости структуры почвы (табл. 1).

Из приведенных в таблице 1 данных видно, что при переходе от несмытых почв к сильносмытым содержание сухих агрегатов >1 мм (бугорчатость почвы) в поверхностном слое почв (0-20 см) имеет тенденцию к уменьшению (с 79,0 до 67,6%). Подобная ситуация наблюдается и в случае водостойких агрегатов (с 1,9% в слое 0-20 см и 3,7% в слое 30-40 см до 1,4% в слое 0-20 см и 1,5% в слое в слое 30-40 см).

Таким образом, показатели структурно-агрегатного состава и водостойкости структуры отражают степень эродированности почв, благодаря чему их можно использовать для уточнения этого показателя (только в случае типов почв, для которых было установлено соответствие между степенью эродированности и рассмотренными показателями).

Другим вспомогательным диагностическим показателем, который может отражать степень эродированности почв, может выступать плотность строения почвы (табл. 2, 3).

Таблица 1 – Структурно-агрегатный состав малогумусных черноземов

Почвы	Глубина взятия образца, см	Способ просеива- ния	Содержание агрегатов,%, размером, мм									
			>10	10-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5- 0,25	<0,25	>0,25	>1
Несмытые	0-20	сухой	29,6	24,9	12,1	4,0	8,4	8,1	4,7	8,2	91,8	79,0
		мокрый	-	-	-	0,5	1,4	2,6	11,6	83,9	16,1	1,9
	30-40	сухой	19,1	23,8	15,2	5,6	11,7	10,9	6,3	7,4	92,6	75,4
		мокрый	-	-	-	1,4	2,3	15,2	14,9	66,2	33,8	3,7
Слабо- смытые	0-20	сухой	21,6	16,9	14,2	8,5	9,1	7,7	8,2	13,8	86,2	70,3
		мокрый	-	-	-	-	2,7	4,8	8,9	83,6	16,4	2,7
	30-40	сухой	25,5	19,9	14,7	6,5	8,4	7,1	5,6	12,3	87,7	75,0
		мокрый	-	-	-	1,7	3,2	16,8	15,2	63,1	36,9	4,9
Средне- смытые	0-20	сухой	32,8	17,7	8,9	3,2	7,9	10,5	7,8	11,2	88,8	70,5
		мокрый	-	-	-	-	2,3	3,5	8,4	85,8	14,2	2,3
	30-40	сухой	25,7	26,3	10,8	4,8	8,5	7,6	5,9	10,4	89,6	76,1
		мокрый	-	-	-	0,7	1,9	10,6	14,0	76,8	27,2	2,6
Сильно- смытые	0-20	сухой	24,6	23,9	8,8	3,6	6,7	8,1	6,3	18,0	82,0	67,6
		мокрый	-	-	-	-	1,4	3,2	10,8	84,6	15,4	1,4
	30-40	сухой	30,0	23,6	11,8	3,8	8,1	6,6	4,8	11,3	88,7	77,3
		мокрый	-	-	-	-	1,5	9,9	13,5	75,1	24,9	1,5

Таблица 2 – Плотность строения (г/см^3) темно-серых оподзоленных почв разной степени смытости

Почвы	Глубина отбора образца, см	Плотность строения, г/см^3
Несмытые	0-20	1,36
	25-35	1,43
	60-70	1,55
Слабосмытые	0-17	1,45
	20-30	1,44
	60-70	1,58
Среднесмытые	0-17	1,44
	20-30	1,58
	60-70	1,61
Сильносмытые	0-15	1,59
	20-30	1,63
	70-80	1,63

Таким образом, можно сделать вывод: плотность строения почвы весьма существенно зависит от степени эродированности, а потому этот показатель можно использовать в качестве вспомогательного диагностического критерия при определении степени эродированности почв.

Другими показателями, которые могут выступать в качестве вспомогательных при

Таблица 3 – Плотность строения (г/см^3) чернозема обыкновенного в зависимости от степени эродированности

Эродированность почвы	Слой почвы, см			Среднее в слое 0-30 см
	0-10	10-20	20-30	
Отсутствует	1,18	1,14	1,20	1,17
Слабая	1,23	1,25	1,24	1,24
Средняя	1,26	1,24	1,26	1,26
Сильная	1,31	1,28	1,27	1,29

диагностике степени эродированности почв, можно считать показатели содержания (запасов) питательных элементов, в частности, азота, фосфора и калия (табл. 4).

Анализируя приведенные в таблице 4 данные, можно заключить, что показатели содержания питательных элементов также демонстрируют существенную зависимость от степени эродированности почв, а потому могут быть вспомогательными диагностическими критериями (при условии учета внесения удобрений).

Подобные закономерности зависимости почвенных показателей от степени эродированности почв установлены и для таких характеристик почвы, как водопроницаемость, скважность, влагоемкость, показатели

гранулометрического и микроагрегатного состава, водно-физические характеристики и физико-механические характеристики.

Использование вышеуказанных вспомогательных показателей или групп

показателей в качестве диагностических критериев эродированности почв имеет свои недостатки.

Таблица 4 – Запасы питательных веществ в зависимости от степени эродированности почв

Почва	Глубина гумусового слоя, см	Запасы, т/га		
		азот	фосфор	калий
Темно-серая оподзоленная	30-35	5,0	3,5	70,0
Темно-серая оподзоленная среднесмытая	18-23	3,1	2,4	52,0
Темно-серая оподзоленная сильно смытая	18	1,9	1,9	31,2
Серая лесная	24-32	4,4	3,6	54,6
Серая лесная среднесмытая	13-20	1,6	1,8	42,8
Серая лесная среднесмытая	8-13	0,6	0,9	18,0

Во-первых, многие из этих показателей довольно динамичны во времени и переменны в пространстве. К тому же, на величины этих показателей и их динамику большое влияние оказывают, кроме эрозии и дефляции, и другие факторы: сельскохозяйственная техника, используемая на данных почвах; система удобрений; сроки выполнения полевых работ; степень окультуренности почв; метеорологические условия и т.п.

Во-вторых, использование групп показателей может привести к взаимной неувязке в интерпретации их величин. Например, один из показателей может изменять свою величину до уровня, который позволяет придать данной почве статус сильно эродированной, в то время как по другому показателю эту же почву можно диагностировать как слабо эродированную. Отсюда возникает необходимость установления приоритетного показателя, который, собственно, и берут в расчет при диагностировании эродированности почвы.

В-третьих, использование таких вспомогательных показателей требует установления норм их изменения в зависимости от степени эродированности для каждого типа (подтипа) почв отдельно.

Указанные недостатки не позволяют использовать эти показатели или группы показателей в качестве четких и однозначных критериев степени эродированности почв. Хотя определенную вспомогательную роль при установлении степени эродированности почв эти

показатели (группы показателей) все же могут играть.

Для усовершенствования методов диагностики степени эродированности почв были попытки использовать и другие показатели: фракционный состав фосфора, концентрация железо-марганцевых конкреций, показатели группового состава гумуса и т.д. Но эти подходы в настоящее время не получили широкого признания и требуют дополнительных исследований.

Известно пять наиболее значимых факторов, влияющих на образование почвенных профилей в пределах ограниченной территории (не более десятков тысяч га): уклон (X_1), экспозиция (X_2), материнская порода (X_3), глубина вскипания от 10% HCL (X_4) и гранулометрический состав (X_5).

Общий вид расчетной аналитической модели имеет вид:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5), \quad (1)$$

где:

Y – зависимая переменная, в качестве которой выступает или глубина верхнего генетического гумусового горизонта (H), или суммарная глубина верхнего горизонта и первого переходного горизонта ($H + H_p$), или же глубина всего профиля почвы, см.

Общий вид расчетной аналитической модели для каждого конкретного случая получают путем простого математического преобразования, подставляя частные уравнения, описывающие значимые факторы, в уравнение (1). За основу при

проведении расчетов $C_{теор}$ принимается то уравнение, которое имеет коэффициент множественной корреляции R не менее 0,7 и, соответственно, коэффициент детерминации R^2 не менее 0,5.

Для каждого уравнения определяют: относительную погрешность модели $E_{мод}$, на основе которой происходит ранжирование факторов по степени значимости; коэффициент множественной корреляции R ; погрешность коэффициента множественной корреляции m_r ; коэффициент детерминации R^2 ; критерий достоверности Стьюдента $T_{мод}$.

Порядок расчетов следующий. Сначала исследуют достоверно незеродированные целинные склоновые почвы. На основе достаточного количества данных независимых переменных (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5), полученных путем морфологического описания разрезов, расчетным путем для каждого из них получают уравнения и соответствующие коэффициенты. Необходимо отметить, что частные уравнения, описывающие независимые переменные, рассчитывают по конкретным случаям определения мощности почвы. Подставляя полученные частные уравнения в уравнение (1), получают уравнения расчетных аналитических моделей, которые служат для определения теоретических значений или мощности горизонта H , или мощности суммарного горизонта $H + H_p$, или мощности всего профиля почвы, из которых на основе расчетных значений коэффициента множественной корреляции R и коэффициента детерминации R^2 определяют наиболее достоверное выражение, по которому проводят расчеты теоретических значений мощности почвы.

Фактическое значение ($C_{факт}$) глубины горизонта, который исследуется, или профиля почвы, получают непосредственно в полевых условиях при морфологическом описании разрезов. Сравнивая значения $C_{теор}$ и $C_{факт}$ по их разнице, оценивают мощность вторичного слоя и,

Литература

1. Анажеев А.К., Шехихачев Ю.А., Хажметов Л.М. Инновационные технологические и технические решения по

соответственно, степень эродированности почвы.

Доверительные границы теоретической мощности горизонта устанавливаются по относительной погрешности модели согласно выражению:

$$\frac{C_{теор} E_{мод}}{100} = x, \quad (2)$$

где:

x – значение доверительной границы, см;

$C_{теор}$ – расчетное значение мощности профиля почвы, см;

$E_{мод}$ – относительная погрешность модели.

Недостатком описанного метода является статистический характер расчета исходной глубины почвы, который вносит определенную условность и, своего рода, «виртуальность» в значение этой глубины. Тем более, что довольно трудно найти участок территории, где факторы почвообразования действовали бы одинаково (с одинаковым статистическим «весом»).

Без преодоления вышеизложенных недостатков невозможно создать однозначную и общепринятую систему диагностики и классификационную схему эродированных почв, что тормозит полноценное развитие мониторинга эрозионно опасных почв. Следовательно, дальнейшее совершенствование диагностики и классификационных схем эродированных почв является важной задачей ближайшего будущего.

Таким образом, на сегодняшний день не существует единого утвержденного и стандартизированного подхода к диагностике и классификации степени эродированности почв, поэтому рекомендуется пользоваться описанными в данной статье методами, применяя тот или иной из них (или их определенные комбинации) в зависимости от конкретной ситуации.

повышению плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв Юга России. – Нальчик, 2018. – 268 с.

References

1. *Apazhev A.K., Shekihachev Y.A., Hazhmetov L.M.* Innovacionnye tekhnologicheskie i tekhnicheskie resheniya po povysheniyu plodorodiya pochv v usloviyah sklonovykh erodirovannykh chernozemnykh pochv YUga Rossii. – Nal'chik, 2018. – 268 s.
2. *Апазев А.К.* Устойчивость развития регионов в условиях пространственно-экономических трансформаций // В сборнике: Устойчивость развития территориальных экономических систем: глобальные тенденции и концепции модернизации. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции памяти профессора Б.Х. Жерукова. – 2016. – С. 10-13.
3. *Шекихачев Ю.А., Хажметова А.Л.* Исследование механизма водной эрозии почв // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2020. – № 4 (30). – С. 87-93.
4. Обоснование системы противозерозионной обработки почв в Кабардино-Балкарской республике / *Ю.А. Шекихачев, Т.Х. Пазова, А.Х. Сохроков, М.П. Дохов, М.А. Кишев, Л.З. Шекихачева, С.А. Твердохлебов* // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 97. – С. 432-441.
5. Оценка эффективности технических средств для противозерозионной обработки почвы в Кабардино-Балкарской республике / *Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М., Пазова Т.Х., Гергокаев Д.А., Сенов Х.М., Шекихачева Л.З., Медовник А.Н., Твердохлебов С.А.* // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 97. – С. 482-494.
6. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards / *E.V. Kyul, A.K. Apazhev, A.B. Kudzaev, N.A. Borisova* // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Т.44. – № 2. – С. 239-243. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=34529550>.
7. *Апазев А.К., Маржохова М.А., Халишхова Л.З.* Феномен устойчивости экономико-экологического развития аграрных территорий. Нальчик, 2015. – 165 с.
8. Energy efficiency of improvement of agriculture optimization technology and machine complex optimization / *A.K. Apazhev, Y.A. Shekikhachev, A.G. Fiapshev, L.M. Hazhmetov* // E3S Web of Conferences / International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems 2019 (SES-2019). – Vol. 124. – 2019. 05054. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405054>. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/50/e3sconf_ses18_05054.pdf.
2. *Апазев А.К.* Ustojchivost' razvitiya regionov v usloviyah prostranstvenno-ekonomicheskikh transformacij // V sbornike: Ustojchivost' razvitiya territorial'nyh ekonomicheskikh sistem: global'nye tendencii i koncepcii modernizacii. Sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii pamyati professora B.H. Zherukova. – 2016. – S. 10-13.
3. *Шекихачев Ю.А., Хажметова А.Л.* Issledovanie mekhanizma vodnoj erozii pochv // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova. – 2020. – № 4 (30). – S. 87-93.
4. Obosnovanie sistemy protivooerozionnoj obrabotki pochv v Kabardino-Balkarskoj respublike / *Y.A. Shekihachev, T.H. Pazova, A.H. Sohrokov, M.P. Dohov, M.A. Kishev, L.Z. Shekihacheva, S.A. Tverdohlebov* // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 97. – S. 432-441.
5. Ocenka effektivnosti tekhnicheskikh sredstv dlya protivooerozionnoj obrabotki poch-vy v Kabardino-Balkarskoj respublike / *Y.A. Shekihachev, L.M. Hazhmetov, T.H. Pazova, D.A. Gergokaev, H.M. Senov, L.Z. Shekihacheva, A.N. Medovnik, S.A. Tverdohlebov* // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 97. – S. 482-494.
6. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards / *E.V. Kyul, A.K. Apazhev, A.B. Kudzaev, N.A. Borisova* // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Т.44. – № 2. – С. 239-243. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=34529550>.
7. *Апазев А.К., Маржохова М.А., Халишхова Л.З.* Fenomen ustojchivosti ekonomiko-ekologicheskogo razvitiya agrarnykh territorij. Nal'chik, 2015. – 165 s.
8. Energy efficiency of improvement of agriculture optimization technology and machine complex optimization / *A.K. Apazhev,*

Y.A. *Shekikhachev*, A.G. *Fiapshev*, L.M. *Hazhmetov* // E3S Web of Conferences / International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems 2019 (SES-2019). – Vol. 124. – 2019. 05054. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405054>. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/50/e3sconf_ses18_05054.pdf

9. Effects of applying safe methods for protecting fruit plantations from pests / A.K. *Apazhev*, V.N. *Berbekov*, Y.A. *Shekikhachev*, L.M. *Hazhmetov*, G.V. *Bystraya*, L.Z. *Shekikhacheva* // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 548(4). – 2020. 042022. – DOI: 10.1088/1755-1315/548/4/042022. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/548/4/042022/pdf>.

10. Environmental engineering approach for ecologization of plant protection systems / A.K. *Apazhev*, V.N. *Berbekov*, Y.A. *Shekikhachev*, L.M. *Hazhmetov*, G.H. *Bakuev*, L.Z. *Shekikhacheva* // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 919(6). – 2020. – 062002. – DOI: 10.1088/1757-899X/919/6/062002. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/919/6/062002/pdf>.

11. Combined unit for preparation of soil for sowing grain crops / A. *Apazhev*, V. *Smelik*, Y. *Shekikhachev*, L. *Hazhmetov* // Engineering for Rural Development. 2019. – 18. – C. 192-198. – DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N235. URL: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2019/Papers/N235.pdf>.

12. Modeling the operation process of the unit for processing row-spacings of fruit plantings / A.K. *Apazhev*, A.G. *Fiaphev*, Y.A. *Shekikhachev*, L.M. *Hazhmetov*, L.Z. *Shekikhacheva* // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – 315(5). – 052023. – DOI:10.1088/1755-1315/315/5/052023. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/315/5/052023>.

9. Effects of applying safe methods for protecting fruit plantations from pests / A.K. *Apazhev*, V.N. *Berbekov*, Y.A. *Shekikhachev*, L.M. *Hazhmetov*, G.V. *Bystraya*, L.Z. *Shekikhacheva* // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 548(4). – 2020.

042022. – DOI: 10.1088/1755-1315/548/4/042022. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/548/4/042022/pdf>.

10. Environmental engineering approach for ecologization of plant protection systems / A.K. *Apazhev*, V.N. *Berbekov*, Y.A. *Shekikhachev*, L.M. *Hazhmetov*, G.H. *Bakuev*, L.Z. *Shekikhacheva* // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 919(6). – 2020. – 062002. – DOI: 10.1088/1757-899X/919/6/062002. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/919/6/062002/pdf>.

11. Combined unit for preparation of soil for sowing grain crops / A. *Apazhev*, V. *Smelik*, Y. *Shekikhachev*, L. *Hazhmetov* // Engineering for Rural Development. 2019. – 18. – C. 192-198. – DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N235. URL: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2019/Papers/N235.pdf>.

12. Modeling the operation process of the unit for processing row-spacings of fruit plantings / A.K. *Apazhev*, A.G. *Fiaphev*, Y.A. *Shekikhachev*, L.M. *Hazhmetov*, L.Z. *Shekikhacheva* // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – 315(5). – 052023. – DOI:10.1088/1755-1315/315/5/052023. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/315/5/052023>.

