

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 443 (2020), 165 – 171

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.117>

UDC 631.67; 631.42; 551.4.022

A. G. Rau¹, Zh. K. Kadasheva¹, G. A. Rau¹, K. K. Anuarbekov¹, R. Meranzova²¹National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan;²Agricultural University in Plovdiv, Bulgaria.

E-mail: alexyrau@gmail.com, dikuwa_90@mail.ru, genadiyr@gmail.com,

kanat.anuarbekov@kaznu.kz, rossi7bg@gmail.com

**GEOLOGICAL STRUCTURE OF SOILS
AND RICE YIELD IN THE ILI RIVER BASIN**

Abstract. Rice irrigation systems in Kazakhstan are located on river terraces and levees of the Syr Darya, Ile, and Karatal rivers' basins. The geological structure and lithological composition of soils in the aeration zone is characterized by a wide variety, differing in soil fertility, mechanical composition, water and physical properties, water availability and salinity. Alluvial-meadow and takyrs soils consist of light and heavy loam, sandy loam, and clay [1,2,3].

Melioration errors of the rice irrigation systems, built in the period from 60s to 80s of the last century, can be described by the fact that the *Kubanskaya* rice sowing map was built on all soils of river terraces and river banks, with the same parameters of irrigation and drainage, with the share of rice 57.5% and 63% [4].

At the rice irrigation systems, where the geological structure and lithological composition of the aeration zone soils correspond to the irrigation and drainage parameters of the *Kubanskaya* rice sowing map, the soil fertility and ameliorative status of irrigated land has remained high for many decades. The salt content in the 100 cm soil layer is 0.3-0.4%; in the autumn-winter period ground water is at a depth of 2.0-2.5 m, its mineralization is 5-7 g/l. During the rice irrigation period, ground water does not connect with the water of rice paddies, and the filtration of water from rice paddies is permitted and comprises 12 – 17 mm/day. Rice is grown without flow and discharge of water from rice paddies, the irrigation rate is 21,400 m³/ha, and the yield is 5.2 t/ha.

At the rice irrigation systems, where the geological structure and lithological composition of the soil in the aeration zone does not correspond to the irrigation and drainage parameters of the *Kubanskaya* rice sowing map, the land is saline. During the rice irrigation period, the ground water connects with the water on the rice paddies. On these paddies, due to the convective diffusion of salts from the soil and from ground water, water salinity increases and reaches the critical threshold of toxicity of 2.5 g/l [5]. It is necessary to discharge water to reduce the salinity of water on the rice paddies, which is followed by flooding of water from the irrigation channel. The irrigation rate is 23,500 m³/ha, and the yield is 4.7 t/ha.

Key words: Geology, soil cover, lithology, aeration zone, takyrs, mineralization, water availability, salinity, ricesystems, water-salt balance, rice, yield.

Introduction. The impact of geological structure of the soil on the yield of rice study was carried out empirically on the field of 155 hectares of “Birlik” farm. The mineralization rate of water layer as well as observations on rice growth and productivity have been carried out on 20 paddies during rice irrigation period. On two rice paddies (10 and 11) with the area of 6.8 ha, the soil is highly saline with a salt content in the soil of the aeration zone of more than 1.0%. Upon reaching a critical threshold of toxicity and water salinity layer in rice paddies, water from paddies is discharged and paddies are flooded to the same level with water from an irrigation channel. On the other rice paddies (the remaining 18), with the overall area of 48.2 hectares, the soil is slightly saline with a salt content of up to 0.3%. On the remaining 100 ha paddy field, the rice is cultivated according to the existing recommendations [8].

Results. On saline soils of rice paddies 10 and 11, the irrigation rate is 23,488 m³/ha, the yield is 4.7 t/ha. Discharge (change) of water from rice fields during the irrigation period is carried out twice: the

first is during stem extension of the rice plants when the salinity of the water layer in rice paddy is 2.5 g/l and the second time is during flowering period; the volume of water discharge is 2,297 m³/ha. On slightly-saline lands of 18 rice paddies, the salinity level of the water layer in the rice paddies during the irrigation period did not exceed 1.0 g/l and water was not discharged from the paddies, the irrigation rate of rice constituted 21,346 m³/ha, while the yield was 5.2 t/ha (table 1).

Table 1 –Rice irrigation technique

№	Rice vegetation stages and their duration	Rice irrigation regime on saline soils	Water supply m ³ /h	Rice irrigation regime on low saline soils	Water supply m ³ /h
1	2	3	4	5	6
1	Sprouting 05.V-15.V	Flooding and maintenance of 10 cm water layer	6,559	Flooding of the paddy fields by 10 cm	5,780
2	Emerging crops 16.V-31.V	Maintenance of 8 - 10 cm water layer	3,170	Intermittent flooding by 5-6 cm	3,070
3	Tillering 01.VI-30.VI	Maintenance of 5 cm water layer	2,609	Maintenance of 5 cm water layer	2,510
4	Booting 01.VII-25.VII	01-02.VII Increase of water layer up to 12 cm	820	Increase and maintenance of 12 cm water layer	790
		03-22.VII Maintenance of the water layer	3,270	Maintenance of 12 cm water layer	4,100
		23-24.VII Discharge of the water layer from paddy due to mineralization increase up to 2.5 g/l	1,200		
		24-25.VII Flooding of paddy with 12 cm water layer			
5	Heading - blooming 26.VII-10.VIII	26.VII-08.VIII Maintenance of 12 cm water layer	2,510	Maintenance of 12 cm water layer	2,866
		9-10.VIII Discharge of the water from paddy due to mineralization increase up to 2.5 g/l			
6	Milk – waxed ripeness 11.VIII-28.VIII	11-12.VIII Flooding of paddy fields to 12 cm	1,200	Maintenance of 12 cm water layer	2,230
		13-28.VIII Maintenance of 12 cm water layer	2,150		
7	Full ripeness of rice grain 29.VIII-08.IX	29.VIII Discontinue water supply	–	Discontinue water supply	–
8	Total		23,488		21,346
9	Rice yield, t/ha	4.7		5.2	

Hydro module of initial flooding of the paddy fields is equal to 6,4 – 7,8 l/s·h, during maintenance of the water layer period – 1.9-4.6 l/s·h.

When rice yield is 5.2 c/h, the total evaporation during irrigation period (evaporation plus transpiration) is 9,860 m³/h. An intensity of the evaporation in irrigation period depends on vegetation phase. The highest value of the evaporation occurs in the booting phase – 158 m³/h per day [9,10,11].

Total evaporation value, which includes transpiration and filtration is 17,710 m³/h, which is lower than the water consumption norm set by spillways at 3,679 m³/g. Such water volume is consumed for soil saturation of aeration zone and side filtration to adjoining territory of the paddy fields [12,13].

In water balance, water supply to the paddy fields during irrigation period to the low saline soils without water discharge is 21,396 m³/h, to the saline soils with water discharge is 23,488 m³/h, additional supply from the ground waters and atmospheric precipitations are 1,340 m³/h and 2,670 m³/h respectively. In consumption side of the water balance, total evaporation is equal to 9,860 m³/h, filtration and drainage run-offs are 7,850 m³/h, ground water outflow from the paddy fields is 1,180 m³/h, and 1,490 m³/h.

Discharge run-off from the paddy fields in which mineralization of the water layer exceeded acceptable limits, it is 2,800 m³/h. On the rice system, the water balance is steadily maintained, the sum of the components of the supply part of the water balance is equal to the consumption, the balance discrepancy is 5.5-5.6% (table 2).

Table 2 – Water balance of the paddy fields of Agrofirma «Birlik» experimental field

№	Name	Low saline soils, paddy fields without water discharge	Saline soils, paddy fields with water discharge
1	2	3	4
Supply side			
1	Water supply from channel	21,396	23,488
2	Precipitations	1,200	1,200
3	Ground water inflow	140	1470
	Total	22,736	26,158
Consumption side			
1	Soil saturation	2,700	2,700
2	Total evaporation and transpiration	9,860	9,860
3	Filtration and drainage run-off	7,850	7,850
4	Discharge run-off	–	2,800
5	Ground water outflow	1,180	1,490
	Total	21,590	24,700
	Discrepancy	1,270	1,474
		5.5%	5.6%

The salinity balance of Agrofirma «Birlik» of the Akdaly rice system demonstrates that soil desalination of aeration zone occurs during rice cultivation at the rice fields. Salt discharge from aeration zone of 0-160 cm from the paddy without water discharge in irrigation period is 36.4 t/h, on saline soils with water discharge in irrigation period is 29.9 t/h. Salt discharge prevails over entry to the paddy fields without water discharge up to 4.7 t/h, on saline soils with water discharge 2.6 t/h, discrepancy is 4.0% and 1.3% (table 3).

Table 3 – Salinity balance at the paddy fields of Agrofirma «Birlik» experimental field of the Akdaly rice system, t/h

Elements of Salt Balance	On low saline soils, paddy fields without water discharge during irrigation period	On paddy fields with water discharge during irrigation period
S ₁ – salt reserves of aeration zone before rice crop	112.6	229.8
S ₂ – salt entry with irrigation water	12.2	12.8
S ₃ – salt entry from ground water	1.2	1.4
TOTAL	126.0	244.0
S ₄ – salt reserves of aeration zone after rice harvesting	76.2	199.9
S ₅ – salt discharge by filtration run-off	49.1	38.1
S ₆ – salt discharge by discharge run-off		5.2
S ₇ – salt discharge by drainage run-off and ground water outflow	5.4	2.8
TOTAL	130.7	246.6
Balance	- 4.7	- 2.6
Discrepancy, %	- 4.0	- 1.3

The rice growing technique, which is taking into account the geological structure and lithological composition of soils in the aeration zone of rice paddies, affects the critical threshold indicators of the mineralization of the water layer on rice paddies and provides: profit of 33,250 tenge/ha and increases profitability by 18.6% on saline lands; on slightly saline lands profit is 49,256 tenge/ha and profitability by 22.2%. Reduction of non-productive loss of irrigation water on the area of 55 hectares is 3,945 m³/ha; rice yield increases by 0.6 t/ha, efficiency of rice production by 20,137 tenge/ha, profitability by 10.7% (table 4).

Table 4 – Rice cultivation economic efficiency of irrigation technique based on critical threshold values of water layer mineralization in the paddy fields

Indicators	Rice irrigation technique during irrigation period		Weighted average value	At remaining production cooperative of Agrofirm «Birlik»	A difference in comparison with cooperative
	Low saline soils without water discharge	Saline soils with water discharge			
Area, hectares	48.2	6.8	55	100	
Rice yield, t/ha	52.4	47.2	51.8	46,0	5.8
Irrigation rate, m ³ /t	21,396	23,488	21,655	25,600	- 3,945
Water consumption, m ³ /c	408	499	418	556	- 138
Product prime cost, KZT/ t	5,060	5,307	5,154	5,810	- 656
Profit, KZT/ha	49,256	33,250	47,277	27,140	20,137
Efficiency, %	22.2	18.6	21.7	11.0	10.7

Conclusions. The geological structure and lithological composition of soils in the aeration zone of the Akdala rice system affects the degree of soil salinity, water consumption rates and rice yield. In comparison with slightly and moderately saline soils, on saline soil the irrigation rate of rice is higher by 2,800 m³/ha, while the rice yield is lower by 0.5 t/ha. On the saline lands of the Akdala rice system, water is discharged from rice paddies twice during the irrigation period, once in July and the second time in August. Saline lands of rice systems, where it is necessary to be discharge (change) water during the irrigation period, account for 11% of the irrigated area, while other 89% of the irrigated land area is slightly and moderately saline, and there is no need to discharge water during the irrigation period [5, 14, 15].

The introducing of the proposed technique for rice irrigation, which is taking into account the thresholds of critical indicators of the water layer mineralization of the rice paddies will increase the additional harvest of shaly rice from the Akdala rice system by 6.0 thousand tons, and will save water resources by 40 million m³ per year. On the rice irrigation systems of Kazakhstan, these indicators will comprise 43.5 thousand tons and 296 million m³ of saved water respectively.

А. Г. Рау¹, Ж. К. Кадашева¹, Г. А. Рау¹, К. К. Ануарбеков¹, Р. Меранзова²

¹ҚазҰАУ, Алматы, Қазақстан;

²Аграрлық университет, Пловдив, Болгария

ІЛЕ ӨЗЕН БАССЕЙНІ ТОПЫРАҒЫНЫҢ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫ ЖӘНЕ КҮРІШ ӨНІМІ

Аннотация. Қазақстандағы күріш суару жүйесі Сырдария, Іле және Қаратал өзені бассейнінің террасасы мен сағасында орналасқан. Аэрация аймағы топырағының геологиялық құрылымы мен литологиялық құрамы топырақ құнарлылығы, механикалық құрамы, су-физикалық қасиеттері, су өткізгіштігі мен тұздылығы арқылы ерекшеленеді. Аллювиалды шалғынды және тақыр топырағы жеңіл және ауыр саздақтан, құмдақ саздан және саздан тұрады [1,2,3].

Өткен ғасырдың 60-80-жылдары салынған күріш суару жүйесіндегі мелиоративті кемшіліктер өзен террасасы мен жағалауындағы топырақтың аэрация аймағының геологиялық құрылымы, литологиялық құрамымен ерекшеленетін, бірқұрылымды «Кубанская» күріш картасы, суару және дренаждың бірдей

параметрімен салынғаны және күріштің ауыспалы егістік схемалары 7 және 9 күріштің үлесі сәйкесінше 57,5% және 63% құрайды [4].

Күріш суғару жүйесін пайдалану кезінде «Кубанская» күріш картасы топырақ қасиеттерін сақтаған топырақта, күріштің жетекші дақылдарын суарудың бұзылуы жағдайында, күріштің өнімділігі мен күріш дақылдарының ауысуы көптеген ондаған жылдар бойы жоғары болып келді, күріш 6,0 тонна/га және одан да көп, жоңышқа 18,0 т / га құрғақ массаға дейін жетеді. Күріштің суару нормасы жобалық ауқымда 22-23 мың м³/га құрайды. Жетекші күріш дақылдарын суарудың арқасында топырақ қасиеттері бұзылады, өнімділігі төмен жердің буферлік қабілеті екінші реттік тұзданады, күріш өнімділігі 3,5 т / га, жоңышқа 6,0-8,0 т/га. Күріштің суару нормасы 28 мың м³/га және одан да көп, жердің тозу үдерісі және ауылшаруашылығы мақсатында пайдаланудан шығып қалған [5].

Жалпы ауданның 220 мың га, Сырдария өзені бассейніндегі Қызылорда күріш суару жүйесіндегі өнімі аз жерлер 40 мың га құрайды. Іле өзені бассейніндегі Ақдала массиві 8 мың га, Қызылорда күріш суару жүйесіндегі 20 мың га және Ақдала массивіндегі 6 мың га тозған жер екінші рет тұзданғандықтан, ауылшаруашылығы мақсатында пайдаланудан шығып қалған [6].

«Кубанская» күріш картасы жеті және тоғыз танапты ауыспалы егістікте күріш өнімділігі 50-60 ц/га болатын аэрация аймағы топырағының геологиялық құрылымы мен литологиялық құрамы жеңіл саздауыт топырағымен, құмды саздақ қабатынан тұрады. Жері тұздырақ, 100 см топырақ қабатында 0,3-0,4% тұзды болып келеді. Күзгі, қысқы кезеңде жерасты суы 2,0-2,5 м тереңдікте, олардың минералдануы 5-7 г/л құрайды. Күрішті суару кезеңінде жерасты суы күріш егісінің суымен қосылмайды, күріш егісінен судың сүзулуі бос және тәулігіне 12-17 мм құрайды. Сүзулудің арқасында күріш атызындағы су жаңарады, топырақтың тамыр қабатынан микроорганизм қалдығы мен тұз алынады. Дренаж ағыны секундына 0,57 л/га көрсетеді. Күріш ағынсыз және күріш атызынан су ағызылмай өсіріледі.

Күріш суару жүйесінің өнімі аз жерде аэрация аймағы топырағының геологиялық құрылымы мен литологиялық құрамы ауыр саздауыт пен саз балшықты саздақтан тұрады. Жері тұзды, 100 см топырақ қабатында 0,7-0,9% тұз кездеседі. Күзгі, қысқы кезеңде жерасты суы 1,2-1,5 м тереңдікте, ал минералдануы 12-15 г/л құрайды. Күрішті суару барысында жерасты суының күріш атызындағы сумен араласып, күріш атызындағы судың сүзілуі тәулігіне 0-3 мм, дренажағы 0,12 л / сағ. болады. Бұл жерде топырақ пен жерасты суы тұзының конвективті диффузиясына байланысты күріш атызындағы су көбірек минералданады және уыттылық шекті деңгейіне 2,5 г/л жетеді [7,8]. Судың минералдануын азайту үшін суару каналынан суды ағызу қажет, кейіннен суару каналынан су толтырады. Бұл жердегі күріш дақылының жеті және тоғыз танапты ауыспалы егіске арнап «Кубанская» күріш картасының құрылымын өзгерту керек, оның жобалық 350-400 м орнына 60 м қашықтықта жасау қажет. «Кубанская» күріш картасының 60 м дрен арақашықтығы дренажды ағынын 0,37 л/с.га. қамтамасыз етеді, топырақтың қайта тұздану жағдайының алдын алады [5,6,7].

Түйін сөздер: геология, топырақ жамылғысы, литология, аэрация аймағы, тақыр, минералдану, су өткізгіштік, тұздылық, күріш жүйесі, су, тұз балансы, күріш, өнімділік.

А. Г. Рау¹, Ж. К. Кадашева¹, Г. А. Рау¹, К. К. Ануарбеков¹, Р. Меранзова²

¹НАО КазНАУ, Алматы, Қазақстан;

²Аграрный университет, Пловдив, Болгария

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОЧВОГРУНТОВ И УРОЖАЙНОСТЬ РИСА БАСЕЙНА Р. ИЛЕ

Аннотация. Рисовые оросительные системы Казахстана расположены на речных террасах и прирусловых валах в бассейнах рек Сырдарья, Иле, Каратал. Геологическое строение и литологический состав почвогрунтов зоны аэрации характеризуется большим разнообразием, отличающихся по плодородию почв, механическому составу, водно-физическим свойствам, водопроницаемости и степени засоления. Почвы аллювиально-луговые и тақырные состоят из легких и тяжелых суглинков, супесей, глины [1,2,3].

Ошибки мелиорации рисовых оросительных систем, построенные в 60-70-80 годы прошлого столетия, состоят в том, что на всех почвогрунтах, речных террасах и прирусловых валах, отличающиеся по геологическому строению и литологическому составу зоны аэрации была построена рисовая карта «Кубанская» одной конструкции, с одинаковыми параметрами орошения и дренажа и схемами рисовых севооборотов 7 и 9 полные, с долей участия риса соответственно 57,5% и 63% [4].

В процессе эксплуатации рисовых оросительных систем выяснилось, что на почвогрунтах, где рисовая карта «Кубанская» способна сохранять свойство почв, в условиях действующих возмущений от поливов ведущей культуры риса, урожайность риса и культуру рисового севооборота многие десятилетия остается

высокой, риса – 6,0 т/га и более, люцерны – до 18,0 т/га сухой массы. Оросительная норма риса – в пределах проектной 22-23 тыс.м³/га. На почвогрунтах, где за счет полива ведущей культуры риса нарушаются свойства почв, их буферность земли низкопродуктивные подвержены вторичному засолению, урожайность риса не превышает 3,5 т/га, люцерны – 6,0-8,0 т/га. Оросительная норма риса 28 тыс.м³/га и выше, происходит деградация земель и выход из сельхозоборота [5]. Из общей площади 220 тыс.га низкопродуктивные земли на Кызылординской рисовой оросительной системе в бассейне р.Сырдарья составляют 40 тыс.га, на Акдалинской в бассейне р.Иле – 8 тыс.га, деградированные земли на Кызылординской рисовой оросительной системе, вышедшие из сельхозоборота по причине вторичного засоления, 20 тыс.га и 6 тыс.га – на Акдалинской [6].

Геологическое строение и литологический состав почвогрунтов зоны аэрации, где рисовая карта «Кубанская» обеспечивает урожайность риса 50-60 ц/га в семипольном и девятипольном севооборотах, представлен почвами легкими суглинками, суглинками с прослойками супеси. Земли слабозасоленные, с содержанием солей в 100 см слое почв 0,3-0,4%. В осенне-зимний период грунтовые воды находятся на глубине 2,0-2,5 м при их минерализации 5-7 г/л. В период полива риса грунтовые воды не смыкаются с водой рисовых чеков, фильтрация воды из рисовых чеков свободная и составляет 12 – 17 мм/сут. За счет фильтрации происходит обновление воды в рисовых чеках, вынос солей и продуктов жизнедеятельности микроорганизмов из корнеобитаемого слоя почв. Дренажный сток составляет 0,57 л/с.га. Рис выращивается без проточности и сбросов воды из рисовых чеков.

На низкопродуктивных землях рисовой оросительной системы геологическое строение и литологический состав почвогрунтов зоны аэрации представлен тяжелыми суглинками, суглинками с прослойками глины. Земли засоленные, с содержанием солей в 100 см слое почв 0,7-0,9%. В осенне-зимний период грунтовые воды находятся на глубине 1,2-1,5 м, минерализация их 12-15 г/л. В период полива риса грунтовые воды смыкаются с водой рисовых чеков, фильтрация воды из рисовых чеков составляет 0-3 мм/сут, дренажный сток – 0,12 л/с.га. На этих землях за счет конвективной диффузии солей из почвы и от грунтовых вод увеличивается минерализация воды в рисовых чеках и достигает критического порога токсичности 2,5 г/л [7,8]. Для снижения минерализации воды в чеках необходимо производить сбросы воды с последующего затопления из оросительного канала. Для семипольного и девятипольного рисовых севооборотов на этих землях необходимо изменить конструкцию рисовой карты «Кубанская», выполнить расстоянием 60 м вместо 350-400 м проектной. Рисовая карта «Кубанская» с междренним расстоянием 60 м обеспечит дренажный сток 0,37 л/с.га, предотвратит вторичное засоление почв [5,6,7].

Ключевые слова: геология, почвенный покров, литология, зона аэрации, такыры, минерализация, водопроницаемость, засоление, рисовые системы, водно-солевой баланс, рис, урожайность.

Information about authors:

Rau Alexey, RK NAS academician, Doctor technical science, Professor of the Department of “Water resources and melioration”, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan; alexyrau@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5209-1424>

Kadasheva Zhanar, doctoral student of the Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan; dikuwa_90@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7633-5566>

Rau Genadiy, Master of Science in Local Economic Development, Asian Development Bank; genadiyr@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8082-4285>

Anuarbekov Kanat, PhD doctor, senior lecturer of the Department of “Water resources and melioration”, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan; kanat.anuarbekov@kaznu.kz; <https://orcid.org/0000-0003-0832-6980>

Meranzova Rossitza, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Meliorations, Land Regulation and Agrophysics, Agricultural University in Plovdiv, Bulgaria; rossi7bg@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2923-5757>

REFERENCES

- [1] Geologia SSSR. M., 1921. T40 Iýjnyı Kazahstan. 534 p.
- [2] Gidrogeologia SSSR. M., 1970. T36 Iýjnyı Kazahstan. 472 p.
- [3] Ivanov V.M., Grebenúkov P.G. 1984. Gidrogeologo-meliorativnyye isledovaniya na oroshaemyh zemláhnizová reki Ili. Naýka KazSSR, Almata. 120 p.
- [4] Zaitsev V.B. 1976 Rice irrigation systems. M. Kolos. P. 320
- [5] Rau A.G. Rice irrigation technology on saline lands // International scientific journal. Issue 5. 2016. P. 17-19.

- [6] Kulagin V.V., Umbetaliyev D.B., Mirlas V.M., Zapparov M.R., Makyzhanova A.T., Rakhimova V.S., Zhigitova S.Z. (2019) Groundwater hydro chemical regime and soil salinity under long-term operation on Tasotkel irrigated and drained lands of Zhambyl region // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. Vol. 2, N 434 (2019), 102-113. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.43> ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print).
- [7] Agarkov V.D., Kasyanov A.N. (2007) To substantiation of the reasons for high and low rice yields // Risovodstvo. N 1. P. 23-25.
- [8] Rice culture in Kazakhstan. Almaty, Kainar. 1974.
- [9] Waqar Ali, Kang Mao, Hua Zhang, Muhammad Junaid, Nan Xu, Atta Rasool, Xinbin Feng, Zhugen Yang (2020) Comprehensive review of the basic chemical behaviours, sources, processes, and endpoints of trace element contamination in paddy soil-rice systems in rice-growing countries // Journal of Hazardous Materials. Available online 21 April 2020, 122720. In Press // Journal Pre-proof. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122720>
- [10] Yan GUO, Yin ZHOU, Lian-qing ZHOU, Ting LIU, Lai-gang WANG, Yong-zheng CHENG, Jia HE, Guo-qing ZHENG (2019) Using proximal sensor data for soil salinity management and mapping // Journal of Integrative Agriculture. February 2019. Vol. 18, Issue 2. P. 340-349. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61937-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61937-9)
- [11] Olivier Ribolzi, Guillaume Lacombe, Alain Pierre, Henri Robain, Phabvilay Sounyafong, Anneke de Rouw, Bounsamai Soullileuth, Emmanuel Mouche, Sylvain Huon, Norbert Silvera, Keo Oudone Latxachak, Oloth Sengtaheuanghoung, Christian Valentin (2018) Interacting land use and soil surface dynamics control groundwater outflow in a montane catchment of the lower Mekong basin // Agriculture, Ecosystems & Environment. 1 December 2018. Vol. 268. P. 90-102. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.005>
- [12] Kriti Shukla, Anshumali (2018) Soil micronutrient pools and their transfer to paddy-crops in semi-arid agro-ecosystems, Central India // Soil and Tillage Research. August 2018. Vol. 180. P. 164-174. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.02.017>
- [13] Martina Angela Caretta, Lars-Ove Westerberg, David Mwehia Mburu, Manuel Fischer, Lowe Börjeson (2018) Soil management and soil properties in a Kenyan smallholder irrigation system on naturally low-fertile soils // Applied Geography. January 2018. Vol. 90. P. 248-256. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.008>
- [14] Rau A.G., Bakirova A.Sh., Anuarbekov K.K., Kadasheva Zh., Jurik L. (2019) Water geochemistry on Akdala rice irrigation systems // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 5 (437), 74-81. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.127>
- [15] Adilbektegi G.A., Mustafayev J.S., Uvatayeva T.K., Dulatbekova Z.N., Mosiej Jozef (2019) Quantitative and qualitative assessment of biological and ecological potential of the landscapes of Southern Kazakhstan // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. Vol. 6, N 438 (2019), 96-103. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.160> ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)