

7. Iglovikov A.V. Biologicheskaya rekultivatsiya karerov v usloviyakh Kraynego Severa / A.V. Iglovikov: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata selskokhozyaystvennykh nauk // Altayskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. – Barnaul, 2012. – S. 16.

8. Germanova S.E. Innovatsionnye metody rekultivatsii pochv. / S.E. Germanova, T.V. Dremova, N.B. Sambros, N.V. Petukhov, P.A. Petrovskaya // Sovremennaya nauka: aktualnye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2019. – No. 3. – S. 10-12.

9. Eremin, D., Eremina, D. (2016). Influence of Granulometric Composition Structure of Anthropogenic-reformed Soil on Ecology of Infrastructure. *Procedia Engineering*. 165. 788-793. 10.1016/j.proeng.2016.11.776.

10. Tikhonovskiy A.N. Teoriya i praktika primeneniya udobreniy na pochvakh Kraynego Severa. – Moskva: Izd-vo «Nauchnyy konsultant», 2015. – 273 s.

11. Iglovikov, A. (2016). The Development of Artificial Phytocenosis in Environmental Construction in the Far North. *Procedia Engineering*. 165. 800-805. 10.1016/j.proeng.2016.11.778.

12. Eremin D. (2018). Soils swelling as a regional feature of Western Siberia. *MATEC Web of Conferences*. 170, 02017 (2018).

13. Sannikova N.V. Osobennosti vostanovleniya rastitelnogo pokrova posle nizovykh pozharov v berezovykh lesakh. / N.V. Sannikova // AgroEkolInfo. – 2018. – No. 4 (34). – S. 25.



УДК 626.81:628.3:504.6(571.15)

С.В. Макарычев, К.А. Лимонов
S.V. Makarychev, K.A. Limonov

ИРРИГАЦИОННАЯ ОЦЕНКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ БОЛЬШЕ-ЧЕРЕМШАНСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРВОМАЙСКОГО РАЙОНА АЛТАЙСКОГО КРАЯ)

IRRIGATION EVALUATION AND USE OF SURFACE WATER (CASE STUDY OF THE BOLSHE-CHEREMSHANSKAYA IRRIGATION SYSTEM OF THE PERVOMAISKIY DISTRICT OF THE ALTAI REGION)

Ключевые слова: поверхностные воды, оценка, качество, железо, нитриты и нитраты, орошение или ирригация, водохранилище, гидроузел.

Качество оросительных вод оценивается с учетом гидрогеологических, ирригационно-хозяйственных и почвенных условий. При этом анализируется влияние поливной воды на рост и развитие растений, а также на процессы вторичного засоления и изменения физико-химических почвенных показателей. Классификационными показателями оценки качества воды для орошения являются ее общая минерализация, химический состав, соотношение натрия, кальция и магния и, наконец, содержание соды. Для анализа пригодности воды в целях орошения с исключением возможности *осолонцевания почв* рассчитывается ирригационный коэффициент (Ки). По значениям коэффициентов определяют качество оросительной воды: $K_i > 18$ – хорошее; K_i от 18 до 6 – удовлетворительное. Возможность *содового*

засоления выявляется по содержанию в ирригационной воде бикарбонатов натрия и карбонатов Ca и Mg. Если их разность $\leq 1,25$ мг-экв/л – вода используется для орошения; 1,25-2,5 – можно применять с учетом природных условий. Качество воды в связи с возможным развитием *осолонцевания почв* производится по количеству содержания натрия в воде в зависимости от ее общей минерализации. В этом случае качество воды для орошения определяют по *соотношению хлора к сульфатам и общей минерализации* воды. Одним из элементов, кардинально снижающих качество оросительной воды, особенно в степных районах края, является *железо*. Для его определения спектрофотометром измеряют оптическую плотность окрашенных растворов, используя фиолетовый светофильтр. Измерение концентрации *аммонийного азота, нитритов натрия и нитратов* сводится к приготовлению основного раствора ионов этих веществ. Затем определяется оптическая плотность анализируемой пробы воды и строит-

ся градуировочный график. Проведенные нами анализы показали, что по азотсодержащим компонентам и железу все исследованные пробы, взятые из водохранилища, соответствуют нормам ПДК.

Keywords: *surface water, evaluation, quality, iron, nitrites and nitrates, irrigation, reservoir, waterworks.*

Irrigation water quality is assessed taking into account the hydro-geological, irrigation and soil conditions. This involves the study of the influence of irrigation water on plant growth and development as well as on the processes of secondary salinization and changes in physical and chemical soil indices. The classification indices for evaluating the quality of water for irrigation are its total mineralization, chemical composition, the ratio of sodium, calcium and magnesium and, finally, soda content. To analyze the suitability of water for irrigation purposes, excluding the possibility of soil salinization, the irrigation coefficient (CI) is calculated. The values of the coefficients determine the quality of irrigation water: $CI > 18$ - good; CI from 18 to 6 - satisfactory. The possibility of soda salinization is revealed

by the content of sodium bicarbonate and Ca and Mg carbonates in the irrigation water. If their difference ≤ 1.25 mg-equ L - water is used for irrigation; 1.25-2.5 – water may be applied taking into account the natural conditions. The water quality regarding possible development of soil salinization is determined by the amount of sodium content in water depending on its total mineralization. In this case, the quality of water for irrigation is determined by the ratio of chlorine to sulfates and the total mineralization of water. One of the elements that drastically reduce the quality of irrigation water, especially in the steppe regions of the Region, is iron. To detect iron, spectrophotometer measures the optical density of colored solutions using a purple filter. The measurement of the concentration of ammonium nitrogen, sodium nitrites and nitrates is reduced to the preparation of a basic solution of ions of these substances. Then the optical density of the analyzed water sample is determined and a calibration graph is constructed. The analyses carried out by us showed that on nitrogen-containing components and iron all investigated samples taken from a reservoir, correspond to the maximum permissible concentration.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., каф. геодезии, физики и инженерных сооружений, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Лимонов Константин Алексеевич, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Geodesy, Physics and Engineering Structures, Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Limonov Konstantin Alekseyevich, post-graduate student, Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Больше-Черемшанский гидроузел в Первомайском районе построен организацией «Алтайводстрой» в 1984 г. Принят в эксплуатацию 5 октября 1984 г. Заполнение водохранилища было начато также в 1984 г., а достижение НПУ закончилось в апреле 1985 г. Эксплуатация на правах хозяйственного ведения осуществляется Белоярским филиалом ФГБУ «Управление «Алтаймелиоводхоз». Объем воды в Больше-Черемшанском водохранилище в средний по водности год заменяется свежей водой 1,7 раза за год [1, 2]. Период водооборота 0,6 года, а его скорость считается средней.

Гидроузел функционирует в целях ирригации сельскохозяйственных земель Черемшанской оросительной системы (551 га в совхозе «Повалихинский», 956 га в совхозе «Чесноковский»).

Объекты и методы

Объектами исследований являются поверхностные воды Больше-Черемшанского водохра-

нилища, используемые для орошения сельскохозяйственных культур дождеванием. **Цель** – отработка методики оценки качества и пригодности водных ресурсов для ирригации, а также практическое измерение содержания примесей в отобранных образцах [3, 4].

Методика оценки качества воды для гидро-мелиорации. Качество воды для оросительных мелиораций определяется рядом факторов, а именно типом почв, степенью их засоления, литологическим составом пород, водно-физическими свойствами, характером тренированности территории, гидрогеологическими и климатическими условиями, способом и режимом дождевания, видом орошаемых культур и применяемой агротехникой. Качество оросительных вод оценивается с учетом гидрогеологических, ирригационно-хозяйственных и почвенных условий. При этом анализируется влияние поливной воды на рост и развитие растений, а также на процессы вторичного засоления и изменения физико-химических почвенных показателей. Класси-

фикационными показателями оценки качества воды для орошения являются ее общая минерализация, химический состав, соотношение натрия, кальция и магния и, наконец, содержание соды.

Оценка качества воды по ирригационному коэффициенту. Для анализа пригодности воды в целях орошения с исключением возможности осолонцевания почв используется щелочная характеристика, т.е. рассчитывается ирригационный коэффициент (Ки), который называется иначе щелочным коэффициентом Стеблера [5-7]. Он как критерий оценки качества воды оросительной воды находится из соответствующих зависимостей по соотношению ионов в воде (табл. 1).

По значениям коэффициентов определяют качество оросительной воды: $K_i > 18$ – хорошее; K_i от 18 до 6 – удовлетворительное; K_i от 6 до 1,2 – неудовлетворительное; $K_i < 1,2$ – вода не пригодна для орошения.

Оценка качества воды по Вилькоксу. Возможность содового засоления выявляется по содержанию в ирригационной воде карбонатов и бикарбонатов натрия $\text{NaHCO}_3 = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$. Если разность $\leq 1,25$ мг-экв/л – вода используется для орошения; 1,25-2,5 – можно применять с учетом природных условий; $> 2,5$ – не пригодна для орошения.

Оценка качества воды по Сойферу. Качество воды в связи с возможным развитием осолонцевания почв производится по количеству содержания натрия в воде в зависимости от ее общей минерализации:

$$K = \frac{\text{Na}^+}{\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} \times 100\%.$$

По классификации ирригационной воды, исходя из степени опасности осолонцевания почв, имеет место выделение классов таких вод.

Оценка качества воды по общему засолению. В этом случае качество воды для орошения определяют по соотношению хлора к сульфатам и общей минерализации воды. Здесь

также выделяют классы и группы вод по опасности засоления почв территории.

Проведение химического анализа осуществляется с помощью спектрофотометра ПЭ-5300ВИ. Этот прибор измеряет коэффициент пропускания и оптическую плотность жидкостей для нахождения количества растворенных в них компонентов. Такой метод относится к фотометрическим. Перед анализом выполняют калибровку прибора по каждому химическому элементу и строят градуировочный график для дальнейшего определения концентрации элемента.

Одним из элементов, кардинально снижающих качество оросительной воды, особенно в степных районах края, является железо. Для его определения при массовой концентрации общего железа до 2,00 мг/дм³ отбирают 50 см³ исследуемой воды и помещают в коническую колбу вместимостью 100 см³. Пробу воды нагревают до кипения и упаривают до объема 35-40 см³. После этого добавляют к раствору 1,00 см³ хлористого аммония, 1,00 см³ сульфосалициловой кислоты, 1,00 см³ раствора аммиака, тщательно перемешивая после добавления каждого реактива. По индикаторной бумаге определяют значение pH раствора, которое должно быть равно девяти. Объем раствора в мерной колбе доводят до метки дистиллированной водой, оставляют стоять 5 мин. для развития окраски.

Спектрофотометром измеряют оптическую плотность окрашенных растворов, используя фиолетовый светофильтр (400-430 нм) и кюветы с толщиной оптического слоя 2, 3 или 5 см. Массовую концентрацию железа с учетом разбавления вычисляют по формуле:

$$X = 50 c/V,$$

где c – концентрация железа, найденная по градуировочному графику, мг/дм³;

V – объем воды, взятый для анализа, см³;

50 – объем, до которого разбавлена проба, см³.

К расчету ирригационного коэффициента (K_u)

Соотношение основных ионов в воде, мг-экв/л	Расчетная формула
$Na^+ - Cl^- \leq 0$	$K_u = \frac{288}{5Cl^-}$
$0 < Na^+ - Cl^- \leq SO_4^{2-}$	$K_u = \frac{288}{Na^+ + 4Cl^-}$
$Na^+ - Cl^- - SO_4^{2-} > 0$	$K_u = \frac{288}{10Na^+ - 5Cl^- - 9SO_4^{2-}}$

Оценка качества воды по содержанию в ней аммонийного азота, нитритов натрия и нитратов аммония. Негативными компонентами ирригационной воды, обуславливающими возможность вторичного засоления при орошении, являются соединения аммиака, хлора и натрия. Для их определения также используется спектрофотометр.

Измерение концентрации аммонийного азота сводится к приготовлению основного раствора ионов аммония, равного 1 мг/см³. Для этого в мерную колбу вместимостью 1000 см³ вносят 2,965 г хлористого аммония, предварительно высушенного до постоянной массы при температуре от 100°C до 105°C, растворяют в небольшом количестве дистиллированной воды и доводят до метки этой же водой. Затем проводят определение оптической плотности анализируемой пробы воды, как при построении градуировочной характеристики.

При анализе ирригационной воды на нитриты натрия к 50 см³ исследуемой или осветленной пробы (или к меньшему объему, содержащему не более 0,3 мг нитритов, разбавленному дистиллированной водой до 50 см³) прибавляют 2 см³ раствора реактива Грисса и перемешивают. Через 40 мин. выдерживания пробы при комнатной температуре проводят определение оптической плотности анализируемой пробы воды, как при построении градуировочной характеристики. В качестве холостой пробы используют дистиллированную воду, подготовленную аналогично пробе исследуемой воды.

Нахождение в воде нитратов аммония требует приготовления рабочего раствора нитрат-ионов массовой концентрации 0,01 мг/см³. Для приготовления 100 см³ рабочего раствора в мерную колбу вносят 1 см³ водных растворов нитрат-ионов или 10 см³ основного раствора и доводят его объем в колбе до метки дистиллированной водой. Раствор готовят в день использования. После этого определяется оптическая плотность жидкости спектрофотометром.

Результаты исследований

В работе использованы материалы ведомственных научных исследований прошлых лет, а также данные полевых изысканий, выполненные нами в лаборатории химии воды Алтайского ГАУ.

Водопользование и объемы. Как отмечено выше, водопользование на водохранилище, построенном на реке Большая Черемшанка, реализует Белоярский филиал ФГБУ «Управление «Алтаймелиоводхоз». Забор воды осуществляется электрифицированной насосной станцией Больше-Черемшанской оросительной системы и по заявке водопотребителя ООО «Алтайкартофель» подается по трубопроводам без потерь на орошаемые поля, на которых производится дождевание сельскохозяйственных культур. Вода к дождевальным машинам «Фрегат» подается по трубопроводам, ее сброса в Больше-Черемшанское водохранилище и р. Большая Черемшанка с орошаемого участка нет.

Больше-Черемшанская система орошения построена для увеличения производства картофеля, овощей, молока и мяса в пригородной зоне г. Барнаула. Оросительная сеть располагается на площади 1507 га, в том числе в совхозе «Чесноковский» на 956 га и в совхозе «Повалихинский» на 551 га. Сейчас дождевание организовано только на землях бывшего совхоза «Чесноковский». ООО «Алтайкартофель» использует пашню под посадку овощных культур на площади 956 га с водопотреблением от 0,084 до 0,95 млн м³ за сезон [8, 9]. Допустимый объем водозабора из водохранилища составляет 1,912 млн м³/год с мая по сентябрь.

В 2012 г. была выполнена реконструкция Больше-Черемшанской оросительной системы с сохранением технической схемы. Магистральный трубопровод МТ-1 переносит воду на поля

орошения 1-го участка севооборотов площадью 558,4 га (табл. 2). По трубопроводу МТ-2 вода направляется в накопительную емкость, из которой подача ирригационной воды осуществляется насосной станцией 2-го подъема по закрытой оросительной сети на 2-й участок севооборотов. В качестве поливной техники применяются дождевальные машины «Фрегат».

Для контроля оросительной воды летом 2019 г. нами были отобраны образцы и произведен их химический анализ. Он выполнен с помощью указанного выше спектрофотометра ПЭ-5300ВИ и предназначен для измерения коэффициента пропускания и оптической плотности жидкостей с целью определения растворенных в них компонентов, т.е. контроля качества воды фотометрическим методом.

Таблица 2

Распределение площадей по культурам, оросительные нормы

Культура	Площадь полива, га	Оросительная норма, м ³ /га	Объем воды за вегетацию, 10 ³ м ³
1-й севооборот			
Однолетние + многолетние травы	65,6	2000	131,20
Многолетние травы	73,3	2200	161,26
Многолетние травы	65,6	2200	144,32
Картофель	65,4	1500	98,10
Однолетние травы	73,8	1800	132,84
Сахарная свекла	65,9	1800	118,62
Лук	74,3	1500	111,45
Картофель	74,5	1500	111,75
Итого	558,4	1808	1009,54
2-й севооборот			
Однолетние + многолетние травы	74,3	2000	148,60
Многолетние травы	74,3	2200	163,46
Многолетние травы	74,3	2200	163,46
Картофель	74,4	1500	111,60
Сахарная свекла	74,8	1800	134,64
Картофель	74,9	1500	112,35
Итого	447,0	1866	834,11
Всего по системе	1005,4	1834	1843,65

**Концентрация растворенных примесей
в оросительной воде Больше-Черемшанского водохранилища, % (17.07.2019 г.)**

№ пробы	Содержание солевых компонентов, мг/л			
	Fe	NO ₂	NO ₃	NH ₄
1	0,025	0,01	5,67	0,75
2	0,019	0,01	5,89	0,786
3	0,016	0,013	2,53	0,62
4	0,028	0,01	1,44	0,67
5	0,028	0,017	0,44	0,1
ПДК	0,3	3,0	45,0	2,0

Проведение анализа потребовало выполнения калибровки прибора по каждому химическому элементу и построения градуировочного графика для дальнейшего определения концентрации растворенных веществ. Эти операции были реализованы согласно ГОСТ 4011-72. «Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа» и ГОСТ «33045-2014. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ». В результате анализа были получены концентрации содержащихся в оросительной воде веществ (табл. 3).

Данные таблицы 3 показывают, что по азотсодержащим компонентам и железу все исследованные пробы соответствуют нормам ПДК.

Выводы

1. Качество оросительных вод оценивается с учетом гидрогеологических, ирригационно-хозяйственных и почвенных условий. Классификационными показателями оценки качества воды для орошения являются ее общая минерализация, химический состав, соотношение натрия, кальция, магния и соды.

2. Для анализа пригодности воды в целях орошения с исключением возможности *осолонцевания почв* используется щелочная характеристика, т.е. рассчитывается ирригационный коэффициент (K_i). По значениям коэффициентов определяют качество оросительной воды: $K_i > 18$ – хорошее; K_i от 18 до 6 – удовлетвори-

тельное; K_i от 6 до 1,2 – неудовлетворительное; $K_i < 1,2$ – вода не пригодна для орошения.

3. Возможность *содового засоления* выявляется по содержанию в ирригационной воде бикарбонатов натрия и карбонатов Ca и Mg. Если их разность $\leq 1,25$ мг-экв/л – вода используется для орошения; 1,25-2,5 – можно применять с учетом природных условий; $> 2,5$ – не пригодна для орошения.

4. Оценка качества воды в связи с возможным развитием *осолонцевания почв* производится по количеству содержания натрия в воде в зависимости от ее общей минерализации. В этом случае качество воды для орошения определяют по соотношению хлора к сульфатам и общей минерализации воды. Здесь также выделяют классы и группы вод по опасности засоления почв территории.

5. Одним из элементов, кардинально снижающих качество оросительной воды, особенно в степных районах края, является железо. Для его определения спектрофотометром измеряют оптическую плотность окрашенных растворов, используя фиолетовый светофильтр.

6. Негативными компонентами ирригационной воды, обуславливающими возможность вторичного засоления при орошении, являются соединения аммиака, хлора и натрия. Для их определения также используется спектрофотометр.

7. Измерение концентрации *аммонийного азота, нитритов натрия и нитратов* сводится

к приготовлению основного раствора ионов этих веществ. Затем определяется оптическая плотность анализируемой пробы воды и строится градуировочный график.

8. В результате проведенного нами анализа были получены концентрации содержащихся в оросительной воде веществ, которые показали, что по азотсодержащим компонентам и железу все исследованные пробы соответствуют нормам ПДК.

Библиографический список

1. Винокуров, Ю. И. Подходы к формированию устойчивого водопользования в бассейне реки Оби / Ю. И. Винокуров, Б. А. Красноярова, И. В. Жерелина. – Текст: непосредственный // Ползуновский вестник. – 2004. – № 2. – С. 4-13.

2. Заносова, В. И. Экологические аспекты сельскохозяйственного водопользования в Алтайском крае / В. И. Заносова, С. В. Макарычев, Н. А. Алешина. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2012. – 386 с. – Текст: непосредственный.

3. Безднина, С. Я. Принципы и методы оценки и качества воды для орошения / С. Я. Безднина. – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 1989. – № 8. – С. 23-24.

4. Горев, Л. Н. Основы мелиоративной гидрохимии / Л. Н. Горев, В. И. Пелешенко. – Киев: Выща школа, 1991. – 535 с. – Текст: непосредственный.

5. Заносова, В. И. Ирригационное качество подземных вод Алтайского Приобья: монография / В. И. Заносова. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. – 150 с. – Текст: непосредственный.

6. Крайнев С. Р. Гидрогеохимия / С. Р. Крайнев, В. М. Швец. – Москва: Недра, 1992. – 464 с. – Текст: непосредственный.

7. Заносова В.И., Борзилов О.С. Особенности химического состава водоисточников Юго-Западных районов Алтайского края / В. И. Заносова, О. С. Борзилов. – Текст: непосредственный // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2013. – № 7 (67). – С. 12-16.

8. Bolotov A.G. Water retention capacity of soils in the Altai Region / A.G. Bolotov, E.V. Shein,

S.V. Makarychev // Eurasian Soil Science. – 2019. – Vol. 52. – No. 2. – pp. 187-192.

9. Болотов, А. Г. Вододерживающая способность почв Алтайского края / А. Г. Болотов, Е. В. Шеин, С. В. Макарычев. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2019. – Вып. 52, № 2. – С. 187-192.

References

1. Vinokurov Yu.I., Krasnoyarova B.A., Zharelina I.V. Podkhody k formirovaniyu ustoychivogo vodopolzovaniya v bassejne reki Obi // Polzunovskiy vestnik. – 2004. – No. 2. – S. 4-13.

2. Zanosova V.I. Ekologicheskie aspekty selskokhozyaystvennogo vodopolzovaniya v Altayskom krae / V.I. Zanosova, S.V. Makarychev, N.A. Aleshina. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2012. – 386 s.

3. Bezdina S.Ya. Printsipy i metody otsenki i kachestva vody dlya orosheniya // Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo. – 1989. – No. 8. – S. 23-24.

4. Gorev L.N. Osnovy meliorativnoy gidrokhimii / L.N. Gorev, V.I. Peleshenko. – K.: Vyshcha shkola, 1991. – 535 s.

5. Zanosova V.I. Irrigatsionnoe kachestvo podzemnykh vod Altayskogo Priobya: monografiya / V.I. Zanosova. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2009. – 150 s.

6. Kraynev S.R. Gidrogeokhimiya / S.R. Kraynev, V.M. Shvets. – M.: Nedra, 1992. – 464 s.

7. Zanosova V.I., Borzilov O.S. Osobennosti khimicheskogo sostava vodoistochnikov Yugo-Zapadnykh rayonov Altayskogo kraya // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie. – 2013. – No. 7 (67). – S. 12-16.

8. Bolotov A.G. Water retention capacity of soils in the Altai Region / A.G. Bolotov, E.V. Shein, S.V. Makarychev // Eurasian Soil Science. – 2019. – Vol. 52. – No. 2. – pp. 187-192.

9. Bolotov A.G. Vododerzhivayushchaya sposobnost pochv Altayskogo kraya / A.G. Bolotov, E.V. Shein, S.V. Makarychev // Pochvovedenie. – 2019. – Vyp. 52. – No. 2. – S. 187-192.