

Критерии авторства

Василенков С.В., Дунаев А.И. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Василенков С.В., Дунаев А.И. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Статья поступила в редакцию 23.02.2021 г.

Одобрена после рецензирования 22.03.2021 г.

Принята к публикации 05.04.2021 г.

Criteria of authorship

Vasilenkov S.V., Dunaev A.I. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Vasilenkov S.V., Dunaev A.I. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 23.02.2021

Approved after reviewing 22.03.2021

Accepted for publication 05.04.2021

Оригинальная статья

УДК 502/504:631.6.02:620.193.15

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-2-31-35

УСТАНОВКА ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

КАСЬЯНОВ АЛЕКСАНДР ЕВГЕНЬЕВИЧ [✉], д-р техн. наук, профессор

kasian64@mail.ru

SPIN-код: 8262-5760, AuthorID: 339847. ID ORCID0000-0002-6912-9078 Scopus Author ID57209504859

ИСМАИЛ ХЕБА, аспирант, Сирия

heba95syr@gmail.com

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Москва, Тимирязевская, 49. Россия

Градиенты концентрации солей почвенного раствора, напоров промывной воды, коэффициенты фильтрации определяют интенсивность движения потока растворов солей в зоне аэрации. Известно достаточно много программных средств для расчета движения растворов солей в пористой среде. Для оценки точности расчетов движения солей в почве используют данные градиентных измерений. Реализация известных методов физического моделирования на почвенных монолитах, смонтированных по Астапову, лизиметрических установках, в опытных промывках засоленных почв в полевых условиях требует значительных материальных вложений, затрат труда и времени. Минимальные материальные и трудовые затраты необходимы для сборки и использования предложенной конструкции установки физического моделирования промывки засоленных почв. Разработан действующий прототип установки. Он включает в себя пьезометры, корпус, узлы подключения пьезометров, отбора проб почвенной влаги, совмещенные с почвенными электродами, уравнительный слив, поворотную часть корпуса, пьезометры, сливы и соединительные шланги, узел отбора проб почвенной влаги. Корпус установки собран из отдельных патрубков, снабженных горловинами и уплотнительными кольцами. На установке проводят фильтрационные исследования и градиентные измерения перемещения солей. Испытания прототипа установки выполнены в полевых условиях на карте намыва песчаного карьера, расположенного в пойме реки Гжелки и Москвы-реки Раменского региона Московской области. Коэффициенты фильтрации профиля, измеренные на установке ($2.33 \pm 0,031$ м/сут.) и в полевых условиях (2.36 ± 0.041 м/сут.), существенно не различаются.

Ключевые слова: засоленные почвы, лабораторная установка, промывка, градиент концентрации солей, математические модели, методы измерений

Формат цитирования: Касьянов А.Е., Исмаил Х. Установка для физического моделирования промывки засоленных почв // Природообустройство. – 2021. – № 2. – С. 31-35. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-2-31-35.

Scientific article

INSTALLATION FOR PHYSICAL MODELING OF SALINE SOILS WASHING

KASYANOV ALEXANDER EVGENIEVICH , *doctor of technical sciences, professor*

kasian64@mail.ru

SPIN code: 8262-5760, AuthorID: 339847.ID ORCID0000-0002-6912-9078

ISMAIL KHEBA, *postgraduate student, Syria*

heba95syr@gmail.com

Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev; 127434, Timiryazevskaya Str, 49. Moscow, Russia

Gradients of salts concentrations of the soil solution, rinsing water pressures, filtration coefficients determine the flow intensity of the salt solutions in the aeration zone. There are known a lot of software for calculating the motion of salt solutions in the porous medium. To assess the accuracy of calculations of the salts movement in the soil, the data of gradient measurements are used. The implementation of the known methods of physical modeling on the soil monoliths mounted according to Astapov, lysimetric installations, in experimental leaching of saline soils in the field requires significant material investments, labor and time. Minimum material and labor costs are required for the assembly and use of the proposed design of the installation for physical modeling of saline soil washing. A working prototype of the installation has been developed. It includes piezometers, a case, units of piezometers connection, sampling of soil moisture combined with soil electrodes, equalizing drain, rotating part of the case. Piezometers, drains and connecting hoses, soil moisture sampling unit. The installation case is assembled of separate branch pipes equipped with necks and sealing rings. Filtration investigations and gradient measurements of the salts movement are carried out on the installation. The tests of the installation prototype were fulfilled in the field on the sand pit reclamation map located in the floodplain of the Gzhelka and Moskva rivers of the Ramensk region of the Moscow area. The profile filtration coefficients measured at the installation – 2.33 ± 0.031 m / day and in the field conditions – 2.36 ± 0.041 m / day do not differ significantly.

Keywords: *saline soils, laboratory installation, washing, salt concentration gradient, mathematical models, methods of measurements*

Format of citation: *Kasyanov A.E., Ismail Kh. Installation for physical modeling of saline soil washing // Prirodoobustrojstvo. – 2021. – № 2. – S. 31-35. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-31-35.*

Введение. Градиентные измерения перемещения солей в почве являются одними из основных методов экспериментального исследования мелиорируемых засоленных земель. Градиенты концентрации солей почвенного раствора, напоров промывной воды, коэффициенты фильтрации определяют интенсивность движения потока растворов солей в зоне аэрации. Для оценки точности расчета движения солей в почве, выполненного математическими моделями, используют данные градиентных измерений. Современные математические модели базируются на численном решении дифференциального уравнения Л.А. Ричардса и его модификациях [1]:

$$dw/dt = d [k(w)(d\psi/dz + 1)]/dz,$$

где w – объемная влажность почвы; t – время; z – координата вертикальной оси; $k(w)$ – коэффициент влагопродности; ψ – высота всасывающего давления.

Поток раствора солей рассчитывают на базе закона А. Фика и его модификаций [2]:

$$dC/dt = d[D(dC/dz)]/dz,$$

где D – коэффициент диффузии; C – концентрация соли.

Для численного решения уравнений Ричардса и Фика почвенный профиль разбивают по вертикали на элементарные слои Δz и рассчитывают последовательно водный и солевой балансы каждого слоя в отдельные интервалы времени Δt . Расчет дает значения влажности w_{ij} и концентрации соли c_{ij} по i слоям почвенного профиля в j интервалы времени Δt_j . Экспериментальная проверка результатов расчета заключается в сравнении измеренных в опыте значений влажности $w_{ij\text{опыт}}$, концентрации соли $c_{ij\text{опыт}}$ и рассчитанных по модели значений влажности $w_{ij\text{расч}}$, концентрации соли $c_{ij\text{расч}}$.

Известные методы физического моделирования на почвенных монолитах, смонтированных по Астапову, лизиметрических установках, в опытных промывках засоленных почв в полевых условиях требуют значительных материальных вложений, затрат труда и времени [3-6]. Эти затраты существенно возрастают при необходимой точности измерений, которая достигается не менее чем пятикратной повторностью опыта. Предлагаемая конструкция установки обеспечивает сокращение материальных, трудовых затрат и времени на исследование промывок засоленных почв.

Методы и результаты исследований. Конструкция установки показана на рисунке.

Установка включает в себя стойку пьезометров 1, закрепленную на лабораторном кронштейне 2; уравнивательный слив 3, установленный в горловине корпуса 4; узлы отбора пробы почвенного раствора 5 и подключения пьезометров 6; концевой сброс фильтрата 7; поворотную концевую часть корпуса установки 8.

Пьезометры, сливы и соединительные шланги выполнены из трубок медицинского комплекта для инфузионной терапии. Узел отбора проб почвенной влаги выполнен из одноразовых шприцев объемом 5...10 мл, снабженных иглами калибра 12G...22G. При измерении электропроводности почвенной влаги в полость иглы вставляют изолированный проводник. Игла и проводник выполняют функции почвенных электродов. Корпус установки собран из отдельных патрубков, снабженных горловинами и уплотнительными кольцами. В качестве патрубков используют полипропиленовые трубы диаметром 50...70 мм. Концевая и поворотная часть корпуса выполнена из уголка в 90° и патрубка. Длина патрубков составляет 20...30 см. В корпусе размещают почвенные керны. В почвах плотного, уплотненного и слабыхлоного сложения керны отбирают объемным буром.

В рыхлых и рассыпчатых почвах керн отбирают врезкой и окапыванием патрубка. Патрубки соединяют в единый корпус. Корпус и пьезометры закрепляют на лабораторном кронштейне. На корпусе монтируют узлы подключения пьезометров и отбора образцов почвенной влаги, совмещенных с почвенными электродами. Длину корпуса принимают не менее 1 м. Для пятикратной повторности измерений монтируют не менее пяти установок. Монтаж установки занимает

не более 30 мин. Стоимость компонентов установки в ценах 2021 г. не превышает 550 руб. Комплектующие приобретаются в магазинах сантехники и в аптеках. Одновременно с забором кернов в поле отбирают образцы почвы для определения водно-физических свойств. На установке проводят фильтрационные исследования и градиентные измерения перемещения солей.

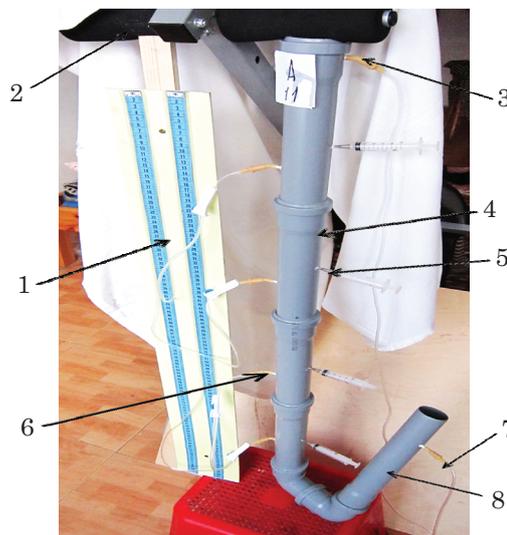


Рис. Установка для физического моделирования промывки засоленных почв:

- 1 – стойка пьезометров;
- 2 – лабораторный кронштейн;
- 3 – уравнивательный слив;
- 4 – корпус установки;
- 5 – узел отбора пробы почвенного раствора;
- 6 – узел подключения пьезометра;
- 7 – концевой сброс фильтрата;
- 8 – поворотная концевая часть корпуса установки

Fig. Installation for physical washing of saline soils:

- 1 – piezometer stand; 2 – lab bracket;
- 3 – equalization drain; 4 – installation case;
- 5 – the unit of soil solution sampling;
- 6 – the piezometer connection unit;
- 7 – end filtrate discharge;
- 8 – the turning end of the installation case

Полевые испытания прототипа установки выполнены на карте намыва песчаного карьера, расположенного в пойме реки Гжелки и Москвы-реки Раменского региона Московской области. Водно-физические свойства песка определяли стандартными методами. Аллювиальный намывтый песок средней крупности, диаметр фракций – 0.6...0.8 мм, пористость – 0.37 ± 0.04 ,

объемная масса – 1.32 ± 0.03 г/см³, коэффициент фильтрации – 2.36 ± 0.041 м/сут.

Коэффициент фильтрации в пятикратной повторности определяли методом залива квадратов. Для забора кернов патрубки поочередно врезали в песок, постепенно окапывали и после заполнения извлекали на поверхность. Для фиксации керна внутренняя

поверхность патрубка обрабатывалась герметиком. Герметик устранял фильтрацию влаги между керном и внутренней поверхностью патрубка. Патрубки соединялись в корпус установки длиной 120 см. Для обеспечения пятикратной повторности смонтировали пять установок. По слоям профиля выполнили измерения коэффициентов фильтрации.

Динамика коэффициента фильтрации по слоям профиля, м/сут

Table

Dynamics of coefficient of filtration per the profile layers, m/day

Горизонт и мощность слоя, см <i>Horizon and layer power, cm</i>	Коэффициент фильтрации, м/сут <i>Coefficient of filtration, m/day</i>	Стандартная погрешность, м/сут <i>Standard error, m/day</i>
0-13	2.39	$\pm 0,030$
13-35	2.37	$\pm 0,031$
35-60	2.35	$\pm 0,032$
60-85	2.34	$\pm 0,046$

В таблице приведены результаты измерения коэффициента фильтрации по слоям профиля.

Коэффициенты фильтрации по слоям профиля изменяются от 2.39 ± 0.030 м/сут. верхнего горизонта до 2.32 ± 0.032 м/сут. нижнего горизонта профиля. Коэффициенты фильтрации профиля, измеренные на установке ($2.33 \pm 0,031$ м/сут.) и в полевых условиях (2.36 ± 0.041 м/сут.), существенно не различаются.

Установки могут найти применение в реализации программы цифровой мелиорации и землеустройства РФ [7], а также в исследованиях промывки засоленных земель [8-10].

Выводы

Предложена конструкция установки для физического моделирования промывки

засоленных почв, включающая в себя пьезометр, корпус, узлы подключения пьезометров и забора проб почвенной влаги. Корпус собран из отдельных патрубков, снабженных горловиной и уплотнительными кольцами. В корпус загружают почвенные керны.

Создан действующий прототип установки, проведены его испытания в полевых условиях. Подтверждена работоспособность предложенной конструкции установки. Коэффициенты фильтрации профиля, измеренные на установке ($2.33 \pm 0,12$ м/сут.) и в полевых условиях (2.36 ± 0.14 м/сут.), существенно не различаются.

На основе действующего прототипа будет изготовлена серия установок для исследования технологий промывок образцов засоленных почв Сирийской Арабской Республики.

Библиографический список

1. Richards L.A. Capillary conduction of liquids through porous mediums (англ.) // *Physics: journal.* – 1931. – Vol. 1. – № 5. – P. 318-333. DOI: 10.1063/1.1745010.
2. Fick A. Ueber Diffusion (нем.) // *Annalen der Physik.* – 1855. – Vol. 170. – № 1. – P. 59-86. Doi/epdf/10.1002/andp.18551700105.
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
4. Nicolás-Cuevas J.A., Parras-Burgos D., Soler-Méndez M., Ruiz-Canales A. and Molina-Martínez J.M. Removable Weighing Lysimeter for Use in Horticultural

References

1. Richards L.A. Capillary conduction of liquids through porous mediums (англ.) // *Physics: journal.* – 1931. – Vol. 1, no. 5. – P. 318-333. DOI: 10.1063/1.1745010.
2. Fick A. Ueber Diffusion (нем.) // *Annalen der Physik.* 1855. – Vol. 170, no. 1. – P. 59-86. – doi/epdf/10.1002/andp.18551700105
3. Vadyushina A.F., Korchgina Z.A. Method issledovaniya fizicheskikh svoistv pochv. – М.: Agropromizdat. – 1986. – 416 s.
4. Nicolás-Cuevas J.A., Parras-Burgos D., Soler-Méndez M., Ruiz-Canales A. and Molina-Martínez J.M. Removable Weighing Lysimeter for Use in Horticultural

Crops // Applied Sciences. – 2020. – V. 10. – С. 4865. DOI: 10.3390/app10144865.

5. **Аверьянов С.Ф.** Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 84 с.

6. **Касьянов А.Е.** Экологический контроль мелиорации засоленных земель: Монография. – М.: Издательство «Спутник +», 2018. – 296 с.

7. **Kasyanov A.** On creating digital land management in the framework of the program on digital economy of the Russian Federation / T. Papaskiri, A. Kasyanov, E. Ananicheva // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science electronic resource. – 2019. – С. 012092 [Scopus].

8. **Mikhailsoy F.D., Shein E.V.** Analytical Mathematical Model of Chemical Suffosion while Washing Saline Soils // Eurasian Soil Science. – 2019. – V. 53. – № 9. – P. 1247-1254. DOI: 10.1134/S1064229320090100.

9. Reclamation of Saline–Sodic Soils with Combined Amendments: Impact on Quinoa Performance and Biological Soil Quality/ Alcívar M., Zurita-Silva A., Sandoval M. i dr. // Sustainability. – 2018. – V. 10. – P. 3083. DOI: 10.3390/su10093083.

10. **Raychev T., Popandova S., Józefaciuk G., Hajnos M., Sokołowska Z.** Physicochemical reclamation of saline soils using coal powder // Internacional. Agrophyscs. – 2001. – V. 15. – № 1. – P. 51-54.

Критерии авторства

Касьянов А.Е., Исмаил Х. выполнили теоретические и экспериментальные исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Касьянов А.Е., Исмаил Х. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 01.03.2021 г.

Одобрена после рецензирования 22.03.2021 г.

Принята к публикации 05.04.2021 г.

Crops // Applied Sciences. – 2020. – V. 10. – С. 4865. DOI: 10.3390/app10144865

5. **Averianov S.F.** Gorizontalny drenazh pri borjbe s zasoleniem oroshaemyh zemel. – М.: Izdatelstvo AN SSSR, 1959. – 84 s.

6. **Kasyanov A.E.** Ekologichesky control melioratsii zasolennyh zemel: monografiya. – М.: Izdatelstvo «Sputnik +», 2018. – 296 s.

7. **Kasyanov A.** On creating digital land management in the framework of the program on digital economy of the Russian Federation / Papaskiri T., Kasyanov A., Ananicheva E.. // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science electronic resource. 2019. – С. 012092. [Scopus].

8. **Mikhailsoy F.D., Shein E.V.** Analytical Mathematical Model of Chemical Suffosion while Washing Saline Soils// Eurasian Soil Science, 2019, V. 53, N. 9, p. 1247-1254. DOI: 10.1134/S1064229320090100.

9. Reclamation of Saline–Sodic Soils with Combined Amendments: Impact on Quinoa Performance and Biological Soil Quality/ Alcívar M., Zurita-Silva A., Sandoval M. i dr. // Sustainability. – 2018. – V. 10. – P. 3083. DOI: 10.3390/su10093083.

10. **Raychev T., Popandova S., Józefaciuk G., Hajnos M., Z. Sokołowska, Z.** Physicochemical reclamation of saline soils using coal powder // Internacional. Agrophyscs. – 2001. – V. 15. – № 1. – p. 51-54.

Criteria of authorship

Kasyanov A.E., Ismail Kh. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Kasyanov A.E., Ismail Kh. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 01.03.2021

Approved after reviewing 22.03.2021

Accepted for publication 05.04.2021