

УДК 626.862.4

**М. Ф. Гурбанов**

Азербайджанское научно-производственное объединение «Гидротехника и мелиорация», Баку, Азербайджанская Республика

## **НЕКОТОРЫЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕНАЖА СИФОННОГО ДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ МАЛОУКЛОННОЙ МЕСТНОСТИ**

Цель исследований – проверить в производственных условиях эффективность действия сифонно-вакуумного дренажа, решить вопросы интенсификации дренажа при вакуумировании. Объект исследования – опытно-производственный участок вакуумного дренажа сифонного действия в Мугано-Сальянском массиве, характеризующийся отсутствием уклона. Дается описание конструкции предлагаемых дренажных систем, приводятся принципы их работы. Работа системы дренажа сифонного действия изучалась в естественных условиях, то есть в период вегетационных поливов хлопчатника, которым была занята вся площадь опытного участка. На основе натурных исследований показана высокая эффективность дренажа сифонно-вакуумного действия. Результаты, полученные на опытном участке, показали, что расход дрены и модуль дренажного стока тесно связаны с величиной действующего напора в середине междренья. В период проведения вегетационных поливов максимальный расход воды составил 11,1 л/с, а минимальный – 2,8 л/с. Модуль дренажного стока – один из основных критериев оценки эффективности дренажной сети. На опытном участке величина модуля дренажного стока изменялась от 0,14 до 0,55 л/(с·га). Глубина залегания уровня грунтовых вод до начала включения в действие дренажной системы колебалась в пределах 120–150 см от поверхности земли. Пуск насосных установок для работы дренажной системы обеспечивал создание кривых депрессий грунтовых вод к дренам; при этом глубина залегания грунтовых вод в средней части междренья опустилась до 250–280 см. Результаты исследований показывают, что скорость понижения уровня грунтовых вод на фоне дренажа сифонного действия существенно увеличивается. Это свидетельствует о возможности значительного усиления интенсивности промывки и сокращения срока проводимых мелиоративных мероприятий в определенных гидрогеологических условиях.

Ключевые слова: дренаж, уровень грунтовых вод, сифон, вантуз, лоток, насос, водоприемник, дренажный сток.

**M. F. Gurbanov**

Azerbaijan Scientific and Production Association “Hydraulic Engineering and Land Reclamation”, Baku, Republic of Azerbaijan

## **SOME HYDRODYNAMIC INDICATORS OF SIPHON DRAINAGE IN THE LOCALITY WITH SMALL SLOPES**

The objective of the research is to test operation efficiency of siphon-vacuum drainage in working conditions, to solve intensification problems of drainage at vacuumizing. The research object is experimental-pilot section of vacuum drainage of siphon action in the Mugan-Salyan massif (Azerbaijan Republic) characterizing by the absence of slope. The description of proposed design of drainage systems and the principles of their operation are given. Operation of the siphon drainage system was studied in natural conditions that is in the irrigation season of cotton grown at the entire area of experimental site. Based on natural study high ef-

efficiency of siphon-vacuum drainage was revealed. Results obtained at the experimental site have shown that drain discharge and drainage modulus closely linked with the value of actual head pressure in the middle of drain spacing. During vegetation irrigations maximal water discharge was 11.1 l/sec, and the minimal one – 2.8 l/sec. Drainage modulus is one of the main evaluation criteria of drainage network efficiency. At the experimental site drainage modulus varied from 0.14 to 0.55 l/(sec·ha). Before the drainage system operation, depth of groundwater table was 120–150 cm from the ground level. Start of pumping units for drainage system operation provided the creation of depression curves of ground water to drains; while the depth of groundwater in the middle part of drain spacing lowered to 250–280 cm. The study results have shown that the rate of groundwater level lowering increased significantly at the background of siphon drainage. This fact suggests the possibility of significant increase in the intensity of soil leaching and reducing the duration of ameliorative activities in the certain hydro-geological conditions.

Keywords: drainage, groundwater level, siphon, plunger, tray, pump, outfall drain, drainage flow.

**Введение.** Интенсификация сельского хозяйства в аридной зоне Азербайджана требует решения ряда вопросов, важнейшими из которых являются разработка, исследование, проектирование и строительство дренажных систем. Такие системы позволяют активно и целенаправленно регулировать водно-солевой и питательный режимы орошаемых земель, находящихся в неблагоприятных гидрогеологических условиях.

Многолетний опыт эксплуатации дренажа на орошаемых землях показал, что недоучет при проектировании и строительстве специфических особенностей массивов, подлежащих мелиорации, приводит к нежелательным последствиям. Дренаж в этих случаях не отвечает требованиям основного регулирующего элемента мелиоративной системы. Возникает недопустимый подъем минерализованных грунтовых вод, растет засоление, резко снижается урожайность сельскохозяйственных культур, хозяйства терпят большие убытки.

В соответствии с районированием по уклонам местности орошаемые площади Кура-Араксинской низменности (КАН) находятся в неблагоприятных геоморфологических условиях (уклоны поверхности менее 0,001). Эти земли являются основными поставщиками сельскохозяйственной продукции Азербайджана.

Анализ геоморфологических особенностей орошаемых районов КАН

показал, что большинство малоуклонных ( $< 0,001$ ) и даже безуклонных земель сосредоточены в пределах Мугано-Сальянского массива (70 % всей орошаемой площади характеризуемого региона [1]).

Для большинства этих районов характерны и неблагоприятные гидрогеолого-мелиоративные условия (слабая естественная дренированность, близкое залегание сильноминерализованных грунтовых вод к дневной поверхности, аридность климата, засоление почв и т. п.), что осложняет и удорожает проведение мелиоративных мероприятий на фоне традиционных систем горизонтального дренажа.

Одним из возможных подходов к улучшению дренированности засоленных орошаемых земель, приуроченных к малоуклонной местности, является применение дренажа сифонно-вакуумного действия, обладающего следующими особенностями [2]:

- возможностью целенаправленного регулирования режима грунтовых вод с учетом проводимых мелиоративных мероприятий (поливов, капитальных промывок);

- возможностью функционирования в условиях, где применение традиционного горизонтального, вертикального и комбинированного дренажа нецелесообразно (малые радиусы влияния вертикальных скважин, малая мощность и низкая водопроницаемость водоносных пластов, отсутствие гидравлической связи между ними, малоуклонные местности);

- сокращением сроков и стоимости строительно-монтажных работ за счет строительства транзитной коллекторно-дренажной сети с минимальной глубиной заложения, в полувыемке-полунасыпи.

Сифоны имеют довольно широкое применение в гидротехнических сооружениях, водоснабжении, промышленном и городском строительстве. В дренажных системах мелиоративного назначения они используются в сходных гидрогеологических условиях [3, 4].

Научный и практический интерес к проблеме повышения водоза-

хватной способности дренажа при помощи вакуума из года в год возрастает. Решены некоторые теоретические вопросы, исследовано действие вакуумных дрен в разнообразных гидрогеологических условиях, различных фильтрационных режимах [5–8].

**Объект и методика исследований.** Настоящая статья посвящена исследованию основных гидродинамических показателей дренажа сифонно-вакуумного действия.

Опытный участок дренажа сифонного действия построен в Сальянском районе с целью изучения работы данной системы в производственных условиях. Почвенный покров участка представлен сероземно-луговыми разностями. По механическому составу почвогрунты толщи 0–3 м представлены средними и легкими суглинками, средними и легкими глинами и незначительными прослоями супеси. Коэффициент фильтрации грунтов водоносной толщи составляет 1,4–4,1 м/сут.

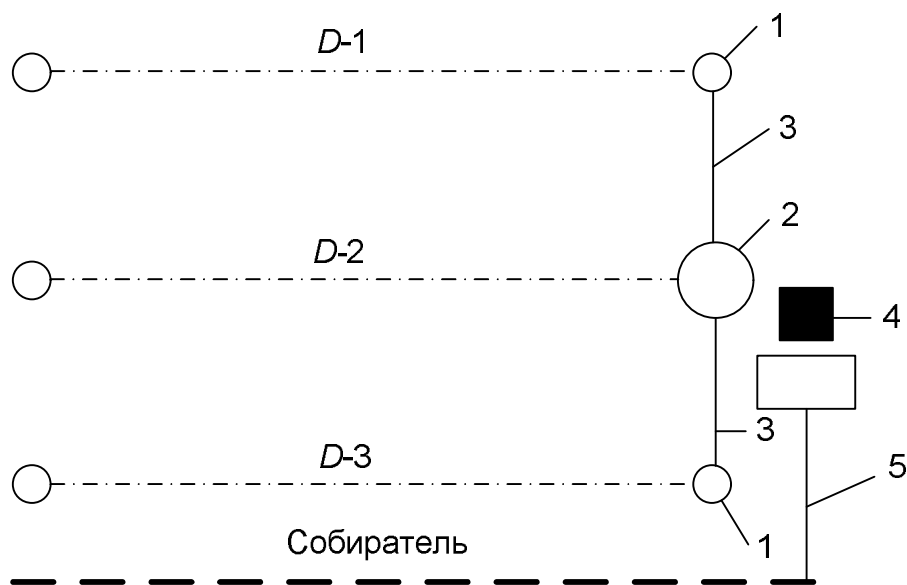
Геолого-геоморфологическая характеристика данного района теснейшим образом связана с общей историей геотектонической области Каспия.

Основной особенностью рельефа является наличие двух прирусловых повышений вдоль р. Куры и ее притока Акуши. Между ними располагается обширное пониженное междуречное пространство [9].

Участок дренажа сифонного действия (рисунок 1) включает три горизонтальные закрытые дрены с коленом, опущенным в водоприемные колодцы, два сифона-собирателя для транспортировки дренажных вод из крайних водоприемных колодцев в центральный (также с опущенным коленом как в крайних, так и в центральных колодцах), насосную станцию для откачки дренажных вод из центрального водоприемного колодца, открытый лотковый канал для отвода дренажных вод за пределы мелиорируемого участка.

Горизонтальные закрытые дрены (D-1, D-2, D-3) общей протяженностью 2100 пог. м построены из перфорированных полиэтиленовых труб

диаметром 100 мм с двойной укладкой и полной гравийной обсыпкой. Глубина заложения дрен – 3,0–3,5 м, междреннее расстояние – 300 м.



1 – крайние водозаборные колодцы; 2 – центральный водозаборный колодец;  
3 – сифоны-собиратели; 4 – насосная станция; 5 – открытый сбросной лотковый канал

**Рисунок 1 – Участок сифонно-вакуумного дренажа**

Сифоны-собиратели общей протяженностью 600 пог. м построены из глухих асбестоцементных труб диаметром 279 мм. Центральный водоприемный колодец состоит из трех взаимосвязанных колодцев диаметром 2 м, глубиной 8 м, а у крайних колодцев диаметр равен 1,5 м, глубина – 7 м. Насосная станция состоит из четырех насосов марки НЦС-3 производительностью 5–36 л/с.

Для изучения уровня грунтовых вод (УГВ) и их минерализации участки был оборудован створами наблюдательных скважин, расположенных перпендикулярно дренам на расстоянии 25; 50 м от них и 50 м друг от друга. Вдоль учетной дрены D-2 также был установлен створ наблюдательных скважин с расстоянием между ними 50 м, а у центрального колодца – до 3; 5; 10 м.

Для обеспечения бесперебойной работы дренажной системы как на коленях дрен, так и на сифонах-собирателях устанавливаются воздуховыпускающие устройства.

Учет отводимых дренажных вод производили с помощью водослива типа Чиполетти с порогом 0,5 м, установленного в головной части сбросного лоткового канала.

**Результаты и обсуждение.** Работа системы дренажа сифонного действия изучалась в естественных условиях, т. е. в период проведения вегетационных поливов хлопчатника, которым была занята вся площадь опытного участка.

Практически работа дренажной системы заключалась в следующем. Вода из центральных водоприемных колодцев откачивалась с помощью насосов при подъеме УГВ выше колена дренажной и собирательной линии сифонов, так как поступающий в дренажные и собирательные линии воздух полностью вытесняется через вантузы. После включения насосов постепенно начинается понижение уровня воды в центральном и крайних водоприемных колодцах. Для предотвращения поступления воздуха в дренажные и собирательные линии предусмотрены шаровые клапаны вантузов, которые перекрывают отверстия, соединяющие их с вантузом, так как наличие воздуха в системе или появление его в процессе работы срывает вакуум, и система перестает работать.

При откачке воды велись наблюдения за изменением высоты переливающегося слоя над измерительным трапецеидальным водосливом, и при достижении минимального уровня воды в колодце насосы отключались, а затем вновь приступали к очередной откачке. Таким образом, подобными циклами в течение дня производилась откачка дренажных вод.

К числу основных гидродинамических показателей дренажа как инженерного сооружения относятся скорости спада (подъема) УГВ при изменении нагрузок (капитальных промывках, вегетационных поливах) и модули дренажного стока. Натурные наблюдения за указанными характеристиками и их анализ имеют чрезвычайно большое значение как для контроля современной мелиоративной обстановки, так и для прогнози-

рования эффективности работы дренажа в наиболее нагруженные (промывные) периоды [10].

В опытный период производили учет откачиваемых вод. Зная объем отводимых вод и время, определяли расходы. За время наблюдений в период вегетационных поливов максимальный расход воды составил 11,1 л/с, а минимальный – 2,8 л/с.

Модуль дренажного стока – один из основных критериев оценки эффективности дренажной сети. На опытном участке этот показатель изменялся от 0,14 до 0,55 л/(с·га). Результаты исследований показали, что расход дрены  $Q$  и модуль дренажного стока  $q$  тесно связаны с величиной действующего напора  $H$  в середине междренья (таблица 1).

**Таблица 1 – Зависимость модуля дренажного стока от действующего напора**

$H$ , см	100	110	120	140	160	180	200	210	230
$Q$ , л/с	2,8	3,2	3,4	4,4	5,4	7,4	9,2	9,8	11,1
$q$ , л/(с·га)	0,14	0,16	0,17	0,22	0,27	0,37	0,46	0,49	0,55

Глубина залегания УГВ до начала включения в действие дренажной системы колебалась в пределах 120–150 см от поверхности земли. Пуск насосных установок для работы дренажной системы обеспечивал создание кривых депрессий грунтовых вод к дренам; при этом глубина залегания грунтовых вод в средней части междренья снижалась до 250–280 см.

Дренаж сифонного действия обеспечивал создание хорошо выраженных кривых депрессий грунтовых вод к дренам от водораздельных точек, расположенных в средней части междренья.

Интересны наблюдения за положением УГВ после прекращения подачи воды в междренья. По данным наблюдений составлены кривые скорости спада УГВ после прекращения водоподачи по скважинам, расположенным в центральных частях междреней, в зависимости от действующего напора (таблица 2).

Результаты исследований показывают, что скорость понижения УГВ

на фоне дренажа сифонного действия существенно увеличивается. Это свидетельствует о возможности значительного усиления интенсивности промывки и сокращения срока проводимых мелиоративных мероприятий в определенных гидрогеологических условиях.

**Таблица 2 – Зависимость скорости спада УГВ от действующего напора**

$H$ , см	100	110	120	140	160	180	200	230
$V$ , см/сут	3,0	3,4	3,8	4,5	5,3	7,0	8,5	12,0

Обработка и анализ натуральных данных, полученных при наблюдениях за скоростью спада  $V$ , модулями дренажного стока  $q$  и напорами  $H$  над дренами в центре междреней, показали наличие тесной корреляционной связи между указанными характеристиками.

Поиск корреляционной связи между  $V$  и  $H$ ,  $q$  и  $H$  осуществлялся на основе методов регрессионного анализа и состоял в нахождении коэффициентов подгоночных моделей, наилучшим образом описывающих исследуемый процесс [10].

В качестве основных подгоночных моделей при поиске связи между  $V$  и  $H$ ,  $q$  и  $H$  были приняты степенная, линейная, гиперболические I–III типов, логарифмическая, обратно логарифмическая,  $S$ -образная.

Установлено, что с 90%-ным уровнем доверия (доверительной вероятностью) [11] зависимость скорости спада от напора в центре междреня может быть описана логарифмическим уравнением вида:

$$V = 0,02 + 0,09 \ln H, \quad (1)$$

где  $V$  – скорость спада УГВ в центре междреня, м/сут;

$H$  – напор грунтовых вод в центре междреня, м.

С аналогичным уровнем доверия зависимость  $q$  от  $H$  описывается степенным уравнением вида:

$$q = 0,12 H^{1,52}, \quad (2)$$

где  $q$  – модуль дренажного стока, л/(с·га);

$H$  – напор грунтовых вод в центре междреня, м.



Формулы (1) и (2) получены при значениях напоров грунтовых вод от 1,0 до 2,7 м.

По данным Д. М. Каца, И. С. Пашковского [12], в бездренажных условиях скорость понижения УГВ при орошении редко превышает 2–3 см/сут. На фоне горизонтального дренажа спад УГВ после поливов ускоряется до 5–7 см/сут. Вертикальный дренаж позволяет отпустить УГВ со скоростью 15–20 см/сут, но его применение в орошаемых районах в силу ряда причин ограничено. Вакуумный горизонтальный дренаж, в частности сифонного действия, рассматриваемый нами в настоящей статье, обеспечивает скорость понижения УГВ после поливов в пределах 10–12 см/сут, что в полной мере позволяет рекомендовать его для ускоренного понижения УГВ. В случае промывки засоленных земель на фоне 300-метрового междренья сифонно-вакуумного действия максимальный напор над дренами в центре междренья (при средней глубине заложения дренажа 3,2 м) составит 2,7 м. При этом скорость спада и модуль дренажного стока будут равны 0,14 м/сут и 0,56 л/(с·га) соответственно, что характеризует наиболее интенсивную работу дрен с применением сифона.

### **Выводы**

1 В период вегетационных поливов максимальный расход воды в дрене составил 11,1 л/с, а минимальный – 2,8 л/с. Модуль дренажного стока на опытном участке изменялся в зависимости от действующего напора от 0,14 ( $H = 1,0$  м) до 0,55 л/(с·га) ( $H = 2,3$  м).

2 Величина скорости спада УГВ тесно связана с их глубиной залегания. Максимальная величина скорости спада соответствует максимальному напору после прекращения водоподачи в междренья. При  $H = 1,0$  м и  $H = 2,3$  м эта величина соответственно составляет 3,0 и 12,0 см/сут.

3 Высокая водопонижающая и водоотводящая способность, а также автоматическая управляемость этой системы создает возможность оперативного управления почвенно-мелиоративными процессами в системе «почва – грунтовые воды».

## Список литературы

- 1 Бехбудов, А. К. Рекомендации по ускоренной мелиорации засоленных и солонцовых земель / А. К. Бехбудов, Б. М. Агаев, А. К. Оруджов. – Баку, 1986. – 100 с.
- 2 Салахов, Ф. С. Система закрытого дренажа сифонного действия / Ф. С. Салахов // Труды АзНИИГиМ. – Баку, 1974. – Т. 2. – С. 172–178.
- 3 Абрамов, С. К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве / С. К. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1967. – 240 с.
- 4 Григорьев, В. М. Вакуумное водопонижение / В. М. Григорьев. – М.: Стройиздат, 1973. – 223 с.
- 5 Бобченко, В. И. Вакуумирование дренажа и капитальные промывки тяжелых сильнозасоленных земель / В. И. Бобченко, Г. А. Булаева // Хлопководство. – 1975. – № 1. – С. 24–26.
- 6 Дегтярев, Б. М. Вакуумирование горизонтальных дрен / Б. М. Дегтярев // Гидротехника и мелиорация. – 1968. – № 1. – С. 78–87.
- 7 Клишко, А. И. Об использовании вакуума при осушении сельскохозяйственных земель / А. И. Клишко // Гидротехника и мелиорация. – 1964. – № 12. – С. 39–43.
- 8 Калантаев, В. А. Вакуум как катализатор мелиорации орошаемых земель / В. А. Калантаев // Хлопководство. – 1965. – № 1. – С. 33–36.
- 9 Волобуев, В. Р. Кура-Араксинская низменность / В. Р. Волобуев // Геоморфология Азербайджана. – Баку, 1959. – С. 176–192.
- 10 Льюис, К. Д. Математические методы прогнозирования экономических показателей / К. Д. Льюис: [пер. с англ.]. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 133 с.
- 11 Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ. Т. 1 / Н. Дрейпер, Г. Смит: [пер. с англ.]. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 366 с.
- 12 Кац, Д. М. Мелиоративная гидрогеология / Д. М. Кац, И. С. Пашковский. – М.: Агропромиздат, 1988. – 255 с.

## References

- 1 Bekhbudov A.K., Agayev B.M., Orudzhov A.K., 1986. *Rekomendatsii po uskorennoy melioratsii zasolennykh i solontsovykh zemel* [Guidelines on accelerated land reclamation of saline and sodic soils]. Baku, 100 p. (In Russian).
- 2 Salakhov F.S., 1974. *Sistema zakrytogo drenazha sifonnogo deystviya* [Closed drainage system of siphon action]. *Trudy AzNIIGiM* [Proc. of Azerbaijan Research Institute of Hydraulic Facilities and Land Reclamation]. Baku, vol. 2, pp. 172-178. (In Russian).
- 3 Abramov S.K., 1967. *Podzemnyye drenazhi v promyshlennom i gorodskom stroitelstve* [Underground drainage in industrial and urban building]. Moscow, Stroyizdat Publ., 240 p. (In Russian).
- 4 Grigoryev V.M., 1973. *Vakuumnoye vodoponizheniye* [Vacuum Water Lowering]. Moscow, Stroyizdat Publ., 223 p. (In Russian).
- 5 Bobchenko V.I., Bulayeva G.A., 1975. *Vakuumirovaniye drenazha i kapitalnyye promyvki tyazhelykh silnozsolennykh zemel* [Drainage vacuumizing and capital leaching of highly saline heavy soils]. *Khlopkovodstvo*, no. 1, pp. 24-26. (In Russian).
- 6 Degtyarev B.M., 1968. *Vakuumirovaniye gorizontalnykh dren* [Vacuumizing of horizontal drains]. *Gidrotekhnika i melioratsiya*, no. 1, pp. 78-87 (In Russian).
- 7 Klimko A.I., 1964. *Ob ispolzovanii vakuuma pri osushenii selskokhozyaystvennykh zemel* [The use of vacuum for agricultural land drainage]. *Gidrotekhnika i melioratsiya*, no. 12, pp. 39-43. (In Russian).
- 8 Kalantayev V.A., 1965. *Vakuum kak katalizator melioratsii oroshayemykh zemel* [Vacuum as a catalyst of irrigation lands amelioration]. *Khlopkovodstvo*, no 1, pp. 33-36. (In Russian).

9 Volobuyev V.R., 1959. Kura-Araksinskaya nizmennost [Kura-Araks Lowland]. *Geomorfologiya Azerbaydzhana*. Baku, pp. 176-192. (In Russian).

10 Lyuis K.D., 1986. *Matematicheskiye metody prognozirovaniya ekonomicheskikh pokazateley* [Mathematical methods of economic indicators forecasting]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 133 p. (In Russian).

11 Dreyper N., 1986. *Prikladnoy regressionnyy analiz*. T. 1. [Applied regression analysis. Vol. 1]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 366 p.

12 Kats D.M., Pashkovskiy I.S., 1988. *Meliorativnaya gidrogeologiya* [Ameliorative Hydrology]. Moscow, Agropromizdat Publ., 255 p. (In Russian).

---

**Гурбанов Мирза Фирудун-оглы**

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: Азербайджанское научно-производственное объединение «Гидротехника и мелиорация»

Адрес организации: ул. И. Дадашева, 324, г. Баку, Азербайджанская Республика, AZ 1130

E-mail: qurbanov1958@list.ru

**Gurbanov Mirza Firudun**

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Azerbaijan Scientific and Production Association «Hydraulic Engineering and Land Reclamation»

Affiliation address: st. Dadasheva, 324, Baku, Republic of Azerbaijan, AZ 1130

E-mail: qurbanov1958@list.ru