

УДК 551.510.42

Канд. хим. наук Н.Г. Верещагина *
Канд. геогр. наук Е.М. Видинеева *
 Н.И. Рахматова *

**О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ ПЫЛЕСОЛЕПЕРЕНОСА С
ОБСЫХАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АЙДАРО-АРНАСАЙСКОЙ
СИСТЕМЫ ОЗЕР НА ЗАСОЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ
ДЖИЗАКСКОГО ВИЛОЯТА**

*ЭОЛОВЫЙ ВЫНОС, ПЫЛЕСОЛЕПЕРЕНОС, ДАЛЬНОСТЬ СОЛЕ-
ПЕРЕНОСА, ИОННЫЙ СТОК КОЛЛЕКТОРОВ, ЖИДКИЕ И СУ-
ХИЕ АТМОСФЕРНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ*

Дано уравнение возможного эолового выноса солей с юго-восточных берегов оз. Тузкан, представлены результаты расчетов его составляющих. Солеперенос через береговую линию и его возможная дальность рассчитаны по методике О.Е. Семенова (КазНИГМИ). Отмечено, что усыхание оз. Тузкан и других составляющих Айдаро-Арнасайской системы озер при отсутствии сбросов воды из Шардаринского водохранилища приведет к дальнейшему засолению орошаемых земель на западе Джизакского вилоята.

Айдаро-Арнасайская система озер (ААСО) – крупнейший комплекс ирригационно-сбросовых озер, возникших как единое озерное образование 43 года назад. В катастрофически многоводном 1969 г. на Шардаринском водохранилище создались очень тяжелые условия пропуска стока половодья р. Сырдарьи. Уже в феврале начались значительные сбросы воды в Арнасайскую впадину, которые продолжались до февраля 1970 г. По данным разных авторов в Арнасай было сброшено от 21 до 24,62 км³ воды, и уровень ее поднялся на 20 м.

До 1969 г. Арнасай представлял собой впадину на территории Узбекистана юго-западнее руслового Шардаринского водохранилища в среднем течении р. Сырдарьи. Северной границей впадины являются пески Кызылкумы, южной – Фаришская степь, занимающая предгорную рав-

* Научно-исследовательский гидрометеорологический институт,
Ташкент, Республика Узбекистан

нину северных склонов Нуратинского хребта; с востока впадина замыкается Голодностепским плато. Общая длина впадины 180 км, ширина – 10...15 км, а в восточной части достигает 40 км. Дно впадины имеет общий уклон с востока на запад, в северо-восточной части у впадины имелся выход в пойму р. Сырдарьи в виде сравнительного узкой и глубокой долины длиной 10...13 км (Аральский лог).

До 1969 г. 60 % территории впадины были заняты шорами, солончаками, пустынными песчаными солончаковатыми почвами и соляным озером Тузкан.

Значительная часть ААСО расположена в Джизакском вилояте. Здесь находятся Верхне-Арнасайское водохранилище площадью 140 км² со сравнительно низкой минерализацией воды – до 1,5 г/дм³ и оз. Тузкан. Последнее – достаточно крупный водоем с площадью акватории 320 км². На севере его расположено множество островов, глубины между ними небольшие (1,5...3 м), и поэтому при падениях уровня воды обнажаются прибрежные заливы, которые высыхают, превращаясь в солончаки.

На востоке от ААСО расположены сероземно-оазисные почвы, значительно измененные поливным земледелием: новоорошаемые сероземно-луговые среднесуглинистые, средне- и сильнозасоленные. Непосредственно рядом с оз. Тузкан простираются светлые сероземы суглинистые и супесчаные, солончаковые и солончаковатые с пятнами солончаков.

К югу и юго-востоку от Верхне-Арнасайского водохранилища лежат светлые сероземы суглинистые, местами супесчаные, средне- и сильнозасоленные [1]. На месте обсыхающих при падениях уровней воды мелководных, отделяющихся от оз. Тузкан, заливов образуются солончаковые почвы и солончаки, с которых идет выдувание солей и их перенос на все эти засоленные земли. Засоление их может усилиться, что приведет к их деградации и невозможности дальнейшего использования в земледелии.

Обычно почвы на обсыхающих территориях водоемов в аридных зонах сложены осадочными материалами (слабо заросшие лессы и песчаные почвы, донные илы, выпотные солончаки, часто шоры). Нередко на поверхности они имеют пухлую корку солей, тогда в слое 1,5 см их содержится 45...60 % [2].

В первый год существования ААСО в 1970 г. Комплексной экспедицией географического факультета ТашГУ во главе с И.Н. Степановым проводилась гидрохимическая съемка, почвенная съемка его берегов; отбирались

также пробы илов со дна озер и мелководных заливов. Пределы изменения химического состава почв вокруг Арнасайской впадины приведены в табл. 1.

Таблица 1

Пределы изменения химического состава водных вытяжек почв
Арнасайской впадины в августе 1970 года

Тип почвы	Глубина отбора проб, см	Пределы изменения химического состава почв, % на 100 г сухой навески			Объемный вес почв, г/см ³
		Cl ⁻	SO ₄ ⁻	сухой остаток	
Шоры	0...5	0,86...3,58	0,722...1,151	2,092...9,124	0,80...1,14
Солончаки	0...10	0,02...0,36	0,365...0,784	0,386...1,356	1,31
Пустынная, песчаная	0...10	0,01...0,12	0,012...0,236	0,042...0,478	1,24...1,64
Россыпь гипсовых вкраплений	20	0,06	0,792	1,39	—
Грунт со дна	200...800	0,008...0,041	0,009...0,612	0,040...1,102	1,54

Как видно из данных табл. 1, наибольшее количество солей содержится в верхнем 5-сантиметровом слое шор. В обычных солончаках – от 0,4 до 2,5 % в 10-сантиметровом слое. В пустынных песчаных почвах незасоленных содержание солей меняется от 0,04 до 0,5 %. Илы, отобранные со дна в районе оз. Айдар, оказались хорошо промытыми, и запас солей в них менее 0,05 %. В районе оз. Тузкан в мелководных заливах пробы илов более засолены – свыше 1 %.

В 1989 г. отделом озер и водохранилищ САНИГМИ в июле и в конце сентября были отобраны 2 пробы почвы на восточном берегу оз. Тузкан. Судя по величине сухого остатка (табл. 2), были отобраны пробы солончаков. Хотя за 19 лет существования ААСО этот участок неоднократно затопливался и осушался, химический состав солончаков на берегу Тузкана остался таким же, как в 1970 г.: сухой остаток около 1000 мг, преобладающие анионы сульфатные и хлоридные, т. е. засоление их сульфатно-хлоридное.

Таблица 2

Химический состав почвы на берегах оз. Тузкан в 1989 г.

Дата отбора	Содержание в мг на 100 г сухой почвы							Глубина отбора, см
	сухой остаток	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ K ⁺	
25.07	842	10	29	536	172	11	40	0...10

Следует отметить, что за два месяца, с конца июля до конца сентября 1989 г., уровень воды в озере падал, и количество солей в почвах несколько увеличилось – на 80 мг/100 г сухой почвы. К сожалению, никаких более новых данных о химическом составе почв вокруг ААСО найти не удалось.

О состоянии почв орошаемых земель в Джизакском вилояте можно судить по результатам исследований сотрудников Института почвоведения и агрохимии АН Узбекистана. Они изучали почвенно-мелиоративные условия западной части Джизакской степи, расположенной на юго-юго-востоке от оз. Тузкан [2].

В результате проведенных работ выяснилось, что в степи, наряду с незасолёнными, плодородными почвами, значительную площадь занимают засоленные почвы, мелиорировать которые очень сложно. Причиной засоления почв в западной части Джизакской степи является орошение вышерасположенной территории юго-восточной части Джизакской степи – Зафарабадского района Таджикистана. Это вызывает неуклонный подъем грунтовых вод и требует обязательного дренажа. Указанное вторичное подтопление и подпор со стороны Южного Голодностепского канала (ЮГК) вызвали резкое изменение гидрогеологических условий и подъем уровня грунтовых вод. При близком залегании они особенно активно воздействуют на почвообразование, и характер их воздействия зависит от минерализации, свойств водовмещающих пород и подвижности грунтового потока. В.А. Ковда определял общий суммарный объем грунтовых вод, стекающих в Голодную степь со стороны Туркестанского хребта, в 1,5 млрд. м³, а ежегодный приток легкорастворимых солей – 150...200 тыс. тонн в год. Значительная часть этих солей задерживается на территории Джизакской степи [4].

Согласно исследованиям А.У. Ахмедова [2], немалую долю западной части Джизакской степи занимают почвы гидроморфного режима увлажнения с глубиной залегания грунтовых вод 1...3 м. Здесь распространены солончаковатые и солончаковые почвы. У солончаковатых разностей верхние горизонты до глубины 40...50 см не засолены, а начиная с этой глубины до 2 м засолены в средней степени – от 0,9 до 1,2 г на 100 г почвы. Засоление сульфатно-хлоридно-кальциевое.

С продвижением с запада на восток степень подтопления территории со стороны лежащих выше земель возрастает, и засоленность почвогрунтов увеличивается, причем отмечается сильное засоление уже на поверхности с общим содержанием солей до 1,5...2,0 г на 100 г сухой почвы, засоление сульфатно-магнелиево-натриево. Наибольшее количество солей сосредоточено в первом метре – 270...640 т/га, из них сульфатов – 170...230 т/га.

На юго-востоке от Тузкана на берегах ЮГК условия оттока грунтовых вод ухудшаются, они совсем близко подходят к поверхности, повышается их минерализация и они интенсивно расходуются на испарение. В связи с этим, почвогрунты характеризуются наиболее высокой засоленностью и неблагоприятными для сельскохозяйственных культур хлоридными свойствами. Почвы здесь наиболее тяжелые в мелиоративном отношении и занимают полосу вдоль ЮГК шириной 1,5...2,0 км. Это луговые почвы и солончаки; на их образование в сильной степени сказалось вторичное подтопление со стороны вышележащей Таджикской части Джизакской степи и подпор грунтовых вод со стороны ЮГК. На этой территории выделяется два типа солончаков: первичные на плоских понижениях, представленные тяжело-суглинистыми, гипсоносными разностями, и вторичные, которые образовались в результате вторичного подъема грунтовых вод.

Первичные солончаки занимают отдельные замкнутые понижения и не имеют широкого распространения, отличаются равномерным засолением всего почвенного профиля. До глубины 1,5 м количество солей соответствует сильной степени засоления – 45...50 г на 100 г почвы, по химическому составу они сульфатно-натриевые при высоком содержании хлора – 9...12 г на 100 г почвы. Общий запас солей в первичных солончаках достигает 1000...2000 т/га.

Однако максимальное количество водорастворимых солей сосредоточено в 0...10-сантиметровом слое – до 11 % плотного остатка. Тип засоления – хлоридно-сульфатный.

Итак, степень и характер засоления гидроморфных почв в пределах западной части Джизакской степи зависит, главным образом, от глубины залегания, степени и характера минерализации грунтовых вод. Степень их минерализации увеличивается с юга на север и с продвижением с запада на восток, где влияние орошения выше расположенной территории значительное. В этом же направлении меняется содержание ионов в следующем порядке: гидрокарбонатный – гидрокарбонатно-сульфатный – сульфатный – хлоридно-сульфатный – сульфатно-хлоридный. Итак, большинство поч-

28

венных разностей на западе Джизакской степи к востоку и юго-востоку от оз. Тузкан засолены.

Согласно исследованиям Т.Т. Глуховой и Г.А. Королевой, границей между слабым и средним засолением почв, имеющих сульфатно-натриевый тип соленакопления, является содержание сульфатов от 0,15...0,25 % и общего засоления 0,5 % [3]. Следовательно, большинство почв на западе Джизакской степи редко средnezасоленные, чаще сильнозасоленные с поверхности.

По данным четырех метеостанций, расположенных на берегах ААСО, мы выяснили, что преимущественные направления ветра вокруг оз. Тузкан северное и северо-западное, то есть направление возможного пылесолепереноса с обсыхающих заливов и мелководий озера будет на юг и юго-восток на засоленные земли Джизакского вилоята. Величину пылесолепереноса рассчитывали по методике О.Е. Семенова [6] с учетом длины береговой линии отшнуровавшихся и высыхающих мелководных заливов, расположенных в восточной части оз. Тузкан от устья р. Клы к востоку. По космоснимкам 1987 и 2005 гг. она оказалась равной 80 и 100 км.

Величина пылесолепереноса в значительной мере зависит от скорости ветра. Большинство исследователей, изучавших этот процесс, считают начальной скоростью пылесолепереноса, скорость ветра 8 м/с. Наибольшие площади осушки отмечаются при минимальных уровнях, которые на ААСО чаще всего приходятся на осенние месяцы сентябрь-октябрь. За эти месяцы по данным четырех метеостанций за 2006, 2008 и 2009 гг. выбраны скорости ветра, оказавшиеся выше 8 м/с, то есть во время суток с такими скоростями ветра происходил вынос солей с обсохших при падениях уровня воды акваторий озер. Обычно в месяце чаще всего бывают только одни сутки с высоким значением скорости ветра, поэтому солепылеперенос рассчитывался за сутки, затем умножался на 12 – число месяцев в году – для получения годовой величины. Нужные для расчетов размеры частиц песка и соли мы взяли по измерениям О.Е. Семенова, проводившего их определение на юге Казахстана: для песка средний диаметр 130, для частиц из песчаных почв – 88, а для солевых частиц – 40 мкм.

По нашим расчетам, максимальные массы выдувания и последующего пылесолепереноса для самых мелких частиц диаметром 40 мкм – 6739 тыс. т в год, а наименьшие – для частиц песка диаметром 130 мкм – 1,036 тыс. т в год. Поскольку частицы размером 40 мкм в основном солевые, можно считать, что рассчитанные нами величины ветрового переноса

этих частиц и есть перенос солей на восточные и юго-восточные районы Джизакского вилоята. Какие именно это соли, определялось экспедицией КазНИГМИ в 1982...1984 гг. в районе, расположенном в 40 км южнее дельты Сырдарьи на массиве, представляющем собой мощный очаг пыле-солепереноса и образования песчано-солевых бурь. Было разбито 3 почвенных разреза, в пробах почв и песков, из которых определялись содержание солей и их ионный состав. Анализы проб проводились методом водной вытяжки [6]. В исследованном районе распространены песчаные, супесчаные почвы. Поскольку на берегах ААСО подобные почвы и все это север Кызылкумов, можно предположить, что химический состав почв на берегах ААСО такой же, как на изученных экспедицией КазНИГМИ почвенных разрезах. По их данным величина плотного остатка в песчаных почвах от 0,35 до 0,53 г/кг, а в солончаках – 0,875 до 1,750 г/кг. По составу они хлоридно-сульфатно-магниевые-кальциевые.

Из чего же складывается количество солей, которое может быть вынесено ветром?

Приблизленно размер эолового выноса с южных берегов Верхне-Арнасайского водохранилища и юго-восточных берегов оз. Тузкан можно рассчитать по следующему уравнению:

$$(S_n + S_k + S_{oc} + S_{зал})T = S_э, \quad (1)$$

где S_n – запас солей в верхнем слое почвы; S_k – количество солей, поступающих с коллекторно-дренажным стоком; S_{oc} – количество солей, выпадающих с сухими атмосферными выпадениями и осадками (дождь, снег); $S_{зал}$ – запас солей в мелководных обсыхающих заливах-озерах; T – время; $S_э$ – возможный эоловый вынос.

Изучение космического снимка южного берега Верхне-Арнасайского водохранилища и восточной части берега оз. Тузкан показало, что на 19,5 % обсохшей части этих берегов четко видны ярко выраженные белые пятна солончаков. По данным наших измерений по спутниковому снимку 2005 г. их общая площадь равна 38,26 км². В 2005 г. осенью отмечен резкий спад уровня воды до 245 м. При этом площадь акватории уменьшилась на 435,65 км². Эта площадь и взята в качестве расчетной. При дальнейших расчетах принято, что 19,5 % этой площади составляют солончаки, 45 % – супесчаные почвы и 35,5 % – песчаные почвы. Расчеты выполнены для верхнего дефлируемого слоя 0,05 м (табл. 3).

Полученные нами расчетные величины содержания солей на 1 км² площади осушки сравнимы с величинами, полученными М.А. Орловой для солончаков в низовьях долины р. Чу – от 5400 до 7200 т/км² [5].

При спаде уровня воды происходит в первую очередь обмеление прибрежных мелководий, которые превращаются сначала в отшнуровавшиеся от основной территории озера, а затем полностью высыхают. После высыхания большая часть солей, содержащихся в воде, остается в почвах.

Таблица 3

Запас солей в обсохших почвах на берегах оз. Тузкан

Тип почвы	Глубина отбора пробы, м	Площадь, 10 ⁶ м ²	Объем слоя почвы, 10 ⁶ м ³	Объемный вес, т/м ³	Вес почвы, 10 ⁶ т	Содержание солей в почве, %	Общий вес, 10 ⁶ т	Содержание солей, т/км ²
Солончак	0,05	84,9	4,24	0,82	3,47	10	0,347	4087
Супесчаные	0,05	195,9	9,79	1,64	16,0	0,6	0,096	490
Песчаные пустынные	0,05	154,6	7,72	1,54	11,8	0,2	0,024	152,7
ИТОГО		435,4					0,466	4730

Площадь озер мелководных и уже отделившихся от оз. Тузкан составила по космоснимкам 2005 г. 269 км², а глубина – от 2 до 3 м. Минерализация воды – 7 г/дм³. Запас солей, остающихся на месте высохшего водоема, рассчитан по следующей формуле:

$$S_{зал} = W_{зал} \cdot C_{ср}, \quad (2)$$

где $S_{зал}$ – запас солей в заливах, тыс. т; $W_{зал}$ – объем воды в них, млн. м³; $C_{ср}$ – средняя минерализация, кг/м³. Общий запас солей для этих условий составил 3335 тыс. т.

Сток воды коллекторов в Арнасайское понижение из Джизакской, Сырдарьинской областей Узбекистана и Шимкентской области Казахстана оказался в среднем за 2004...2009 гг. равен 941,1 млн. м³ в год, а средняя минерализация – 4,86 г/дм³. В результате расчетов ионного стока коллекторов он получен равным 22230 т в год. Кроме того, на окружающие ААСО земли с жидкими осадками и сухими атмосферными выпадениями поступает 274,7 кг/га в год пыли и солей.

Одно из условий возможности переноса соли ветром на дальние расстояния – размер частиц. Чем тоньше дефлируемый материал, чем меньше частицы, тем дальше они могут переноситься ветром. Исследования объемного веса различного вида почв в 1970 г. показали, что самыми легкими оказались солончаки с объемным весом от 0,45 до 0,82 г/см³. Исследования М.А. Орловой корковых солончаков в низовьях р. Чу выявили, что размеры солевых частиц в них менялись от 7 до 150 мкм, причем мелкие частицы могут составлять до 75 % веса пробы. Для расчета величины солепылепереноса через границу осушки мелководий ААСО – береговую линию – по методике О.Е. Семенова мы принимали средний размер солевых частиц 40 мкм. Их динамическая скорость при скорости ветра на высоте флюгера от 8 до 9,2 м составляет 15...30 см/с. По расчетам О.Е. Семенова, такие частицы могут переноситься на 105...150 км от места дефляции. Более крупные частицы пыли, по модели О.Е. Семенова, могут выноситься на 2...2,5 км от места выдувания.

Расчеты дальности выноса О.Е. Семенов предлагает производить по следующей формуле:

$$X = -4,54 \cdot \ln \frac{M}{M_o} \frac{u_*}{\omega_g} \cdot H, \quad (3)$$

где X – расстояние от источника дефляции, км; M – плотность сухих атмосферных выпадений (САВ) на расстоянии X от источника, т/км²; M_o – плотность САВ на границе источника выноса, т/км²; u_* – динамическая скорость, см/с; ω_g – гидродинамическая крупность частиц, H – задаваемая высота подъема частиц.

Все наши расчеты выполнены по формуле (3) для скоростей ветра, равных на высоте флюгера 8...9 м/с и скоростях оседания частиц, равных 8...10 см/с. Результаты расчетов увязываются с данными М.А. Орловой (10...40 км) и О.Е. Семенова – 4...28 км.

Выше указывалось, что преимущественное направление ветра вокруг ААСО – северное и северо-западное, то направление солепереноса будет на юг и юго-восток от Тузкана на орошаемые массивы Джизакского вилоята.

Нашей основной задачей было выявление влияния возможного усыхания ААСО на солевой баланс орошаемых земель западной части Джизакского вилоята, примыкающих к мелководным озерам на востоке

оз. Тузкан. Это влияние солепылепереноса с обсохших земель и поступление солей с атмосферными жидкими и сухими осадками. Чтобы знать возможную общую величину солепылепереноса, нами также рассчитаны статические запасы солей на освобождающейся от воды при падении уровня территории ААСО, то есть запасы солей в воде мелководных озер и в почвенных разностях. Кроме того, необходимо учесть ежегодное поступление солей в озера с ионным стоком крупнейших коллекторов Голодной степи, пополняющим эти запасы.

Выше указывалось, что в западной части Джизакского вилоята орошаемые земли засолены, и запас солей в их метровой толще составляет 270...460 т/га. Мы при расчетах предположили, что на расстоянии 26 км от кромки высыхающих озер выпадает 1 % от величины пылесолепереноса, что составит 1,9 тыс. т/год крупных частиц (пыли) и 63,4 тыс. т/год мелких (40 мкм) частиц солей.

Кроме того, с атмосферными жидкими осадками и сухими выпадениями поступает 0,28 т/га в год пыли и солей, а статические запасы солей и пыли подверженных дефляции высыхающих озер оказались, по нашим расчетам, равными 3335 тыс. т. В обсыхающих почвах при самом низком уровне воды, отмеченном в 1987 г., содержание веществ в подверженных дефляции во всех почвенных разностях, согласно нашим расчетам, равно 1,9 млн. т, из них солей в солончаках 0,978 млн. т, среди которых 0,2 млн. т сульфатов и 0,293 млн. т хлоридов, а именно они представляют главную опасность для культурных растений.

Соли из солончаков при расчетной величине солепереноса, равной 0,56 млн. т в сутки, будут вынесены за 1,74 суток при скорости ветра, равной 9 м/с. А 13,38 млн. т статических запасов солей в обсыхающих озерах и почвах при максимальной величине пылесолепереноса 0,56 млн. т могут быть перенесены за 24 сут. Но ежегодно со стоком коллекторов статические запасы солей пополняются на 4574 тыс. т солей. Когда эти соли отложатся на дне озер, при высыхании последних они будут вынесены за 8173 сут или за 22,4 года. Последние цифры весьма ориентировочны, так как не известно, какая часть этого ионного стока осядет на мелководьях, а какая попадет в глубоководную часть оз. Тузкан и затем в ней останется.

Итак, усыхание ААСО при отсутствии сбросов воды в нее из Шардаринского водохранилища может привести к дальнейшему засолению и без того засоленных орошаемых земель на западе Джизакского вилоята, что повлечет за собой их деградацию и выпадение из сельхозпроизводства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас почвенного покрова Республики Узбекистан.– Ташкент: Госкомитет Республики Узбекистан по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру, 2010. – 20 с.
2. Ахмедов А.У. Засоленность почвогрунтов и грунтовых вод в западной части Джизакской степи. // В сб. «Засоленные почвы Узбекистана и вопросы их освоения и мелиорации» – Ташкент: Изд-во МСХ УзССР, 1978. – С. 20-35.
3. Глухова Т.Т., Королева Г.А. Уточнение классификации засоленных почв по солеустойчивости хлопчатника. // В сб. «Засоленные почвы Узбекистана и вопросы их освоения и мелиорации» – Ташкент: Изд-во МСХ УзССР, 1978. – С. 40-49.
4. Ковда В.А Солончаки и солонцы. – М.: Изд-во АН СССР, 1947. – 245 с.
5. Орлова М.А. Роль эолового фактора в солевом режиме территорий. – Алмата: Изд «Наука» АН Казахской ССР, 1983. – 230 с
6. Семенов О.Е. Оценка ветрового выноса песка и солей с осушенной части дна Аральского моря // Труды КазНИГМИ. – 1988. – Вып. 102. – С. 39-54.

Поступила 26.02.2013

Хим. ғылымд. канд.	Н.Г. Верещагина
Геогр. ғылымд. канд.	Е.М. Видинеева
	Н.И. Рахматова

ЖЕЗАҚ ВИЛОЯТЫ ЖЕРЛЕРІНІҢ ТҰЗДАНУЫНА АЙДАР- АРНАСАЙ КӨЛДЕР ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРҒАҒАН БЕТІНЕН КӨТЕРІЛГЕН ШАҢ МЕН ТҰЗДЫҢ ӘСЕР ЕТУ МҮМКІНДІГІ ТУРАЛЫ

Тұзқан көлінің шығыс оңтүстік жағалауынан тұздың желмен ұшу мүмкіндігінің теңдеуі және оның құрамдастарының есептеу нәтижелері берілген. Жағалау жиегімен тұздың тасымалдануы және оның мүмкін қашықтығы О.Е. Семеновтың әдістемесімен есептелген (ҚазҒЗГМИ). Шардара суқоймасы су тастауының болмауы Тұзқан көлінің және Айдар-Арнасай көлдер жүйесінің басқа да көлдерінің құрғауына алып келеді, нәтижесінде Жезақ вилояты батысындағы суармалы жерлерінің ары қарай тұздануының жалғасатыны анықталған.