

УДК 551.49:626.8:624.92

СЦЕНАРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ АТБАШИНСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Литвак Рафаэль Григорьевич (ORCID 0009-0001-2342-9091)¹,
Гончарова Кристина Валерьевна (ORCID 0009-0003-2416-5934)²

¹Кыргызский научно-исследовательский институт ирригации,
Бишкек, Кыргызская Республика

²Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина,
Бишкек, Кыргызская Республика
E-mail: Rlitvak14@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена разработке рациональных схем использования подземных вод, как дополнительного источника орошения в условиях изменения климата и ожидаемого сокращения стока рек. Работа выполнялась применительно к Атбашинской оросительной системе, расположенной в центральной части Чуйской долины Кыргызской Республики. Цель статьи – обосновать возможность использования подземных вод в качестве дополнительного источника орошения. В статье оценивается влияние упомянутого дополнительного водоотбора на режим и баланс подземных вод рассматриваемой территории. Исследование проведено на основе использования объемной модели фильтрации подземных вод с применением программного комплекса MODFLOW.

Ключевые слова: гидрогеология, водозабор подземных вод, ирригация, Атбашинская оросительная система, баланс подземных вод, прогнозное моделирование, мелиорация, экология

АТБАШЫ ИРРИГАЦИЯЛЫК СИСТЕМАСЫНЫН АЙМАГЫН СУГАРУУ УЧУН ЖЕР АСТЫНДАГЫ СУУНУ ПАЙДАЛАНУУНУН СЦЕНАРИЯЛАРЫ

Литвак Рафаэль Григорьевич (ORCID 0009-0001-2342-9091)¹,
Гончарова Кристина Валерьевна (ORCID 0009-0003-2416-5934)²

¹Кыргызстан ирригация илим-изилдоо институту,
Бишкек, Кыргыз Республикасы

²К.И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети,
Бишкек, Кыргыз Республикасы
E-mail: Rlitvak14@gmail.com

Аннотация. Макала климаттын өзгөрүшү жана дарыялардын агымынын күтүлүп жаткан азайышы шартында сугаттын кошумча булагы катары жер астындагы сууларды пайдалануунун сарамжалдуу схемаларын иштеп чыгууга арналган. Иш Кыргыз Республикасынын Чүй өрөөнүнүн Борбордук бөлүгүндө жайгашкан Атбашы ирригациялык системасына карата жүргүзүлдү. Макаланын максаты жер астындагы сууларды сугаттын кошумча булагы катары пайдалануу мүмкүнчүлүгүн негиздөө болуп саналат. Макалада аталган кошумча суунун алынышынын каралып жаткан аймактагы жер астындагы суулардын режимине жана балансына тийгизген таасири бааланат. Изилдөө MODFLOW программалык пакетин колдонуу менен жер астындагы сууларды чыпкалоонун көлөмдүү моделин колдонуу менен жүргүзүлгөн.

Өзөктүү сөздөр: гидрогеология, жер астындагы сууларды алуу, ирригация, Атбашы сугат системасы, жер астындагы суулардын балансы, болжолдуу моделдөө, мелиорация, экология

SCENARIOS OF USE OF GROUNDWATER FOR IRRIGATION OF THE TERRITORY OF THE ATBASHI IRRIGATION SYSTEM

Litvak Rafael Grigorievich (ORCID 0009-0001-2342-9091)¹,
Goncharova Kristina Valeryevna (ORCID 0009-0003-2416-5934)²

¹Kyrgyz Scientific Research Institute of Irrigation,
Bishkek, Kyrgyz Republic

²Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin,
Bishkek, Kyrgyz Republic
E-mail: Rlitvak14@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the development of rational schemes for the use of groundwater as an additional source of irrigation in the context of climate change and the expected reduction in river flow. The work was carried out with regard to the At-Bashi irrigation system located in the central part of the Chui Valley of the Kyrgyz Republic. The purpose of the article is to substantiate the possibility of using groundwater as an additional source of irrigation. The article assesses the impact of the mentioned additional water intake on the regime and balance of groundwater in the territory under consideration. The study was conducted using a volumetric model of groundwater filtration using the MODFLOW software package.

Keywords: hydrogeology, groundwater intake, irrigation, At-Bashi irrigation system, groundwater balance, forecast modeling, reclamation, ecology

Введение

Орошаемое земледелие – один из основных источников существования населения Кыргызстана. В Чуйской долине годовая сумма осадков составляет примерно 400 мм, а средняя испаряемость – 1000 мм/год, причем в период вегетации осадки практически отсутствуют. Эти данные указывают на невозможность сельскохозяйственной деятельности без орошения. Главный источник воды для орошения – сток горных рек. Очевидно, что основная опасность изменения климата для рассматриваемой территории - это сокращение стока рек, которое создает угрозу продовольственной и экологической безопасности. Недостаток оросительной воды может быть смягчен использованием подземных вод для орошения. Приведенные обстоятельства указывают на высокую степень актуальности данной работы.

Основной целью исследования в рамках данной статьи является разработка и обоснование рациональных схем использования подземных вод в качестве дополнительного источника орошения для Атбашинской оросительной системы. Рекомендованные варианты использования подземных вод кроме источника дополнительных водных ресурсов должны улучшать мелиоративное состояние орошаемых земель и сохранять необходимый приток подземных вод в р. Чу для предотвращения тяжелых экологических последствий в низовьях реки.

Материалы и методы исследования

Исходные данные для выполнения: в работе используются многочисленные данные по гидрогеологическим и водохозяйственным условиям исследуемых территорий, которые являются результатом работ Кыргызской гидрогеологической экспедиции, Чуйского государственного бассейнового управления оросительными системами, Кыргызского НИИ Ирригации и др. организаций.

Для реализации модели использован комплекс программ MODFLOW фирмы Schlumberger Water Services, разработанный геологической службой США. MODFLOW считается международным стандартом для моделирования и прогнозирования фильтрации и составляющих баланса подземных вод.

Фильтрация воды в грунтах описывается уравнением Буссинеска. Это дифференциальное уравнение в частных производных параболического типа. Искомая функция распределения напоров зависит от времени и 3-х пространственных координат. Решение ищется с использованием Теории разностных схем. Дискретизация по времени и пространственным координатам строится с учетом получения устойчивых разностных схем (Годунов С.К. 1977 г. 440 с.; Самарский А.А. 1977 г. 656 с.).

Результаты исследования

Одна из целей данной работы – определить влияние дополнительного подземного водоотбора на составляющие баланса подземных вод территории оросительной системы. Для этого целесообразно составить баланс подземных вод на исходное состояние (табл. 1). (Литвак Р.Г. 1986-1992 гг. 137 с.)

$$\Delta W_r = П - О + \Phi_o + \Phi_p + A_r + I_r - Q_B,$$

где ΔW_r - изменение запасов подземных вод за расчетный период; П - приток подземных вод по южной границе балансовой зоны; О - отток подземных вод по северной границе балансовой территории; Φ_o - питание грунтовых вод за счет фильтрационных потерь в оросительных системах; Φ_p – инфильтрация за счет потерь в руслах рек; A_r - инфильтрация осадков; I_r – испарение и выклинивание в дренажную сеть; Q_B - водоотбор подземных вод скважинами.

Размерность элементов баланса – м³/с. Поскольку баланс составляется по среднегодовым среднесезонным значениям, принимается равным нулю.

Таблица 1

Баланс подземных вод на исходное состояние

Статьи баланса	м ³ /с
Приток по южной границе	3,4
Инфильтрация осадков	1
Инфильтрация оросительных вод	4
Фильтрационные потери в руслах рек	1,2
Итого приход: 9,6	
Испарение и выклинивание в дренажную сеть	2,07
Подземный водоотбор	0,67
Отток по северной границе	7,1
Итого расход: 9,84	

Невязка баланса: 0,24

Четвертичные отложения рассматриваемой территории схематизируются двумя водоносными горизонтами, разделенными слабопроницаемой прослойкой. Над верхним водоносным горизонтом – покровные отложения. В качестве водоупора принимается Шарпылдакская свита (глинистые неоген-четвертичные отложения) (Григорен-

ко П.Г. 1979 г. 187 с., Гидрогеология СССР, т. XI. 1977 г. 290 с.). Каждый слой моделируемой территории был разбит на блоки размером 1x1 км, в которых заданы исходные гидрогеологические и водохозяйственные параметры.

По результатам предварительного моделирования для дальнейшего рассмотрения предлагается 2 варианта размещения водозаборов подземных вод (рис. 1). Первый вариант – одна линия водозабора, длиной 20 км вдоль Атбашинского канала с общим дебитом 2 м³/с. Это удобно тем, что откаченная вода может быть направлена в существующую оросительную сеть. Второй вариант отличается от первого добавлением еще одной линии, расположенной в 5 км севернее первой линии. Дебит 2-ой линии - 1 м³/с.

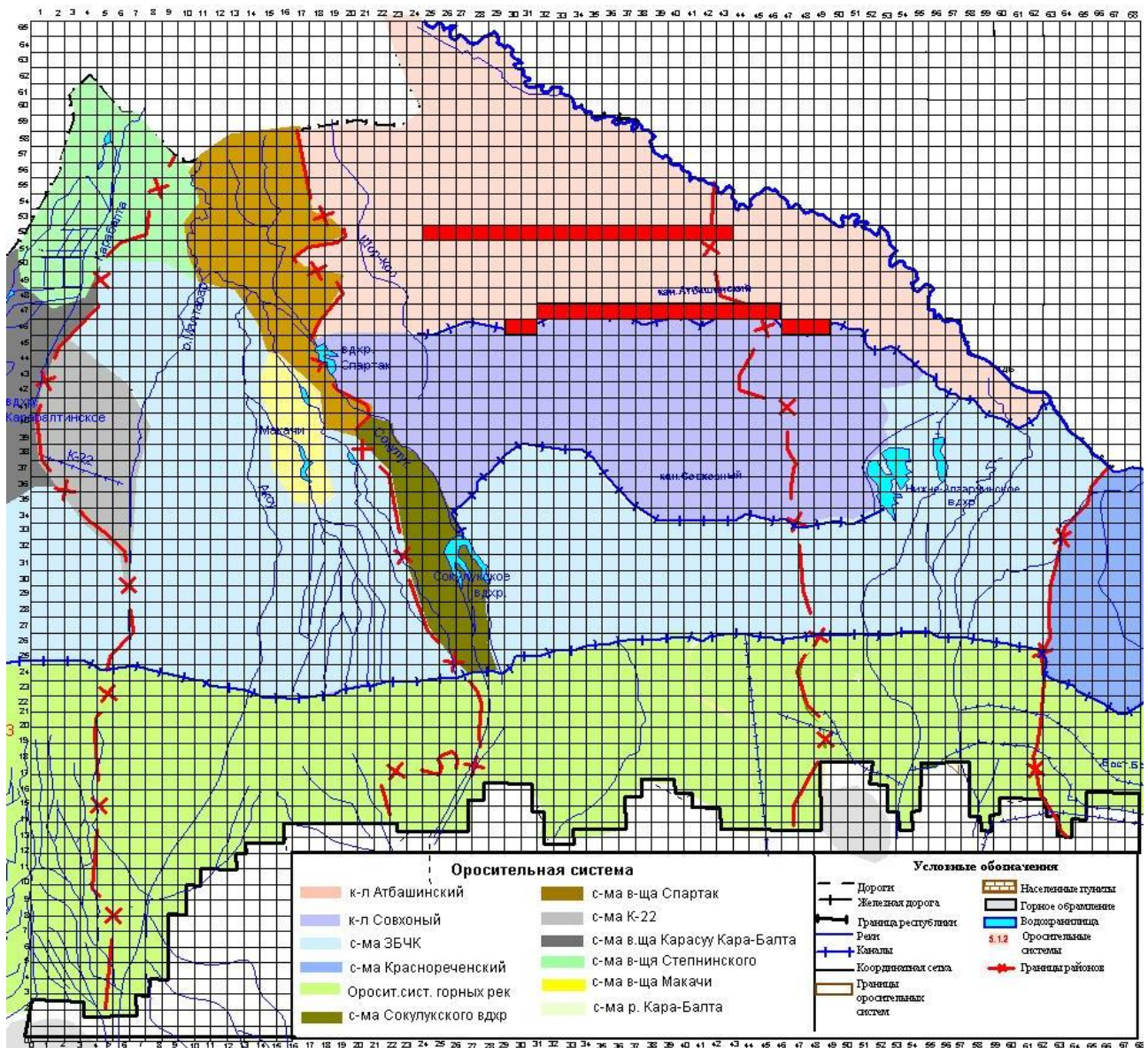


Рис. 1. Расположение дополнительных водозаборов подземных вод в пределах Атбашинской оросительной системы

На рисунке 2 представлен фрагмент модели, иллюстрирующий прогнозные понижения уровней подземных вод на 10-й год эксплуатации дополнительного водозабора. Понижения на линии водозабора достигают 15 м. После 10 лет эксплуатации дополнительного водозабора уровень подземных вод практически стабилизируются.

При рассмотрении второй схемы размещения водозаборов, для реализации которой потребуются большие капитальные и эксплуатационные затраты и которая показывает большую эффективность, прогнозные понижения уровней подземных вод на 10-ый год эксплуатации водозабора представлены на фрагменте модели (рис. 3). Понижение на южной линии водозабора достигает 15 м, на 50% территории понижение составит 4-7 метров

Для оценки результатов моделирования составлена таблица, где показаны изменения баланса подземных вод для двух вариантов размещения дополнительных водозаборов (табл. 2).

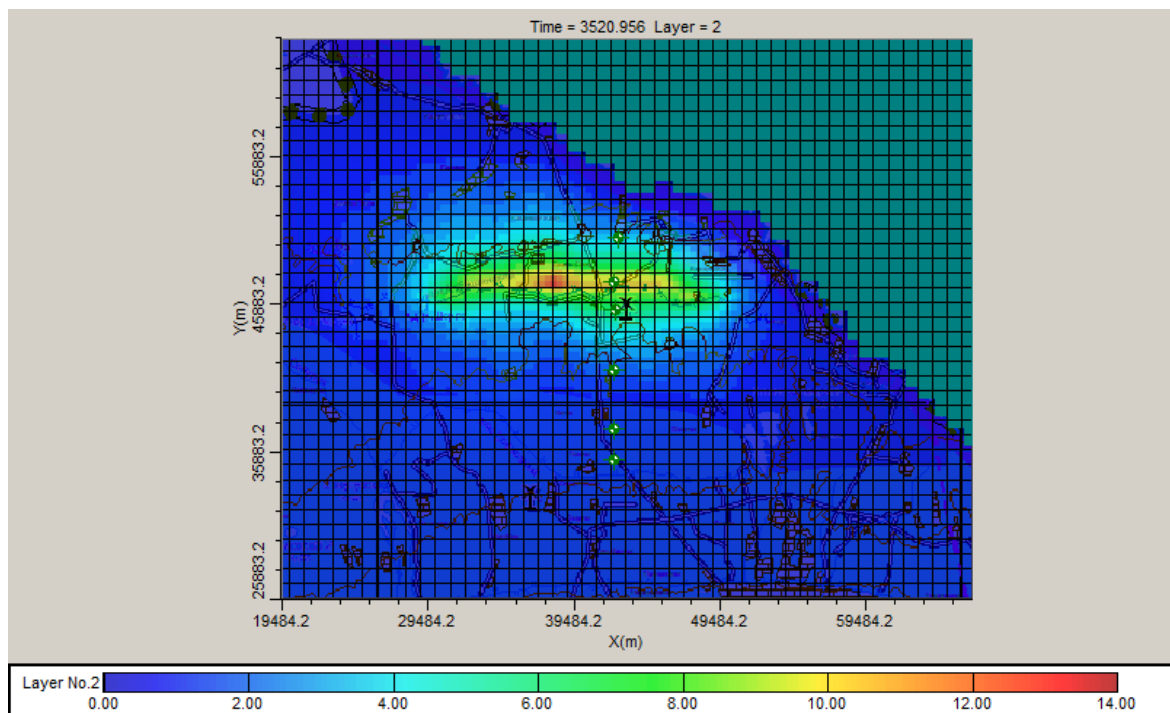


Рис. 2. Вариант 1. Прогнозные понижения уровней подземных вод на 10-й год эксплуатации водозабора, фрагмент модели

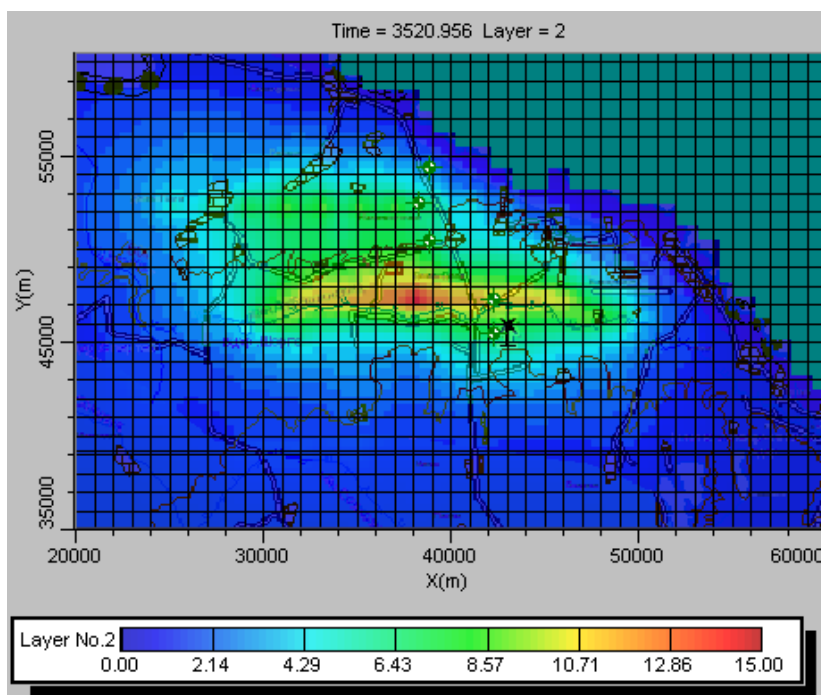


Рис. 3. Вариант 2. Прогнозные понижения уровней подземных вод, 10 лет эксплуатации водозаборов, фрагмент модели

Таблица 2

Изменение баланса подземных вод под действием дополнительного водозабора

	Наименование составляющих баланса подземных вод	Изменение составляющих баланса подземных вод на конец расчетного периода (25-й год), м ³ /с	
		Вариант 1	Вариант 2
1	Изменение водозабора подземных вод	-2.0	-3.0
2	Уменьшение испарения подземных вод	0.26	0.54
3	Уменьшение выклинивания в р. Чу	0.80	1.24
4	Увеличение притока подземных вод с юга	0.99	1.17
5	Невязка изменений баланса	0.05	-0.05

На основе результатов прогнозного моделирования, на территории, рекомендуется не превышать объем дополнительного водоотбора $3 \text{ м}^3/\text{с}$. Поскольку отбор ориентирован на технические нужды, то следует использовать скважины глубиной не более 100-120 м. В этом случае сберегаются запасы подземных вод питьевого качества, и достигается больший, чем в случае более глубоких скважин, мелиоративный эффект. В качестве главного источника водных ресурсов для орошения рекомендуется использовать поверхностные воды. Привлекать подземные воды для орошения целесообразно в периоды острого водного дефицита, то есть в качестве резервного источника водных ресурсов.

Дискуссия

Отличительная особенность использования геофильтрационного моделирования – детальный учет всех основных гидрогеологических и водохозяйственных параметров. Если применять аналитические методы гидрогеологических расчетов, то пространственную изменчивость фильтрационных параметров и граничных условий невозможно учесть. Это приводит к значительным погрешностям при прогнозировании изменений уровней и напоров подземных вод (особенно в сложных гидрогеологических условиях).

Исследование в рамках данной статьи проведено на основе геофильтрационного моделирования с применением комплекса программ MODFLOW. Этот программный продукт применяется во всех развитых странах мира. Используемые методические приемы требуют от авторов профессиональной подготовки в области гидрогеологии, мелиорации и прикладной математики. Вследствие этого, подобные задачи решаются только в одной научной лаборатории Кыргызстана, в которой работают авторы данной статьи.

Выводы

Первый из предложенных вариантов использования подземных вод обеспечивает дополнительные водные ресурсы в размере $2 \text{ м}^3/\text{с}$, при этом понижения ограничиваются 15 м. Испарение подземных вод на рассматриваемом участке сокращается на $0,26 \text{ м}^3/\text{с}$. Величина водоотбора на 13% покрывается сокращением испарения, что улучшает мелиоративное состояние орошаемых земель рассматриваемой территории. Второй вариант дополнительного водозабора обеспечивает $3 \text{ м}^3/\text{с}$. Понижения достигают 15 м. Испарение сокращается на $0,54 \text{ м}^3/\text{с}$ и покрывает 18% водоотбора.

В качестве первого шага использования подземных вод рекомендуется постепенное наращивание водоотбора по варианту 1. При существенном дефиците водных ресурсов возможно использование подземных вод по варианту 2.

Водоотбор подземных вод без должного научного обоснования может нанести существенный урон действующим водозаборам, обеспечивающим водоснабжение населенных пунктов, а также к конфликтам, связанным с изменением величины оттока подземных вод на территорию Казахстана, и другим отрицательным последствиям.

Указанные факты диктуют необходимость разработки рациональных схем управления подземными водами, которые должны обеспечивать дополнительные водные ресурсы (покрывающие сокращение речного стока), устойчивую работу действующих водозаборов подземных вод и благоприятную экологическую ситуацию в рассматриваемой зоне.

Использованная литература

1. Годунов С. К., Рябенский В. С. Разностные схемы, «Наука», М. 1977 г. 440 с.
2. Самарский А. А. Теория разностных схем., «Наука», М., 1977, 656 с.
3. Литвак Р. Г. Разработка рациональных схем вертикального дренажа на Ат-Башинской площади методами геофильтрационного моделирования. Заключительный отчет/ ВНИИКАМС, Бишкек, 1986-1992 гг. 137 с.
4. Григоренко П.Г. Подземные воды бассейна реки Чу и перспективы их использования - Фрунзе.: Илим, 1979.-187 с.
5. Гидрогеология СССР, т. XI. Киргизская ССР. – М. Недра, 1977. 290 с.

УДК 626:626.8:627.8

ИРРИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ АВП «ТЕН-АЛЫШ» КАРА-КУЛЬЖИНСКОГО РАЙОНА

Раева Айтурган Талантбековна (ORCID 0009-0002-6996-1929),

Кошматов Баратали Туранович (ORCID 0009-0008-4350-7334),

Абдикулова Шолпан Даулбаевна (ORCID 0009-0003-7779-2552)

Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина,

Бишкек, Кыргызстан

E-mail: ayturgan.raeva86@mail.ru

Анотация. Обретение независимости странами Центральной Азии привело к тому, что в аграрном секторе вместо крупных хозяйств созданы и продолжают создаваться десятки, а порой и сотни фермерских и дехканских хозяйств. Служба по эксплуатации и техническому обслуживанию гидромелиоративных систем. Вместо нее во многих республиках региона были созданы объединения самих водопользователей (АВП), работающие по принципу давно забытых традиций адата и шарията, «краеуголь-