*Труды Зоологического института РАН*
*Том 328, № 4, 2024, с. 622–639*
*10.31610/trudyzin/2024.328.4.622*

*УДК 598.132.4 (574.3)*

# Опыт сохранения среднеазиатской черепахи *Agrionemys horsfieldii* при строительстве солнечных электростанций в Узбекистане

**Р.Д. Кашкаров[1]*, Ю.О. Митропольская[1] и С.Р. Ким[2]**

[1] *Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан, ул. Боги Шамол 232б, 100053 Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: roman.kashkarov@iba.uz*

[2] *ООО «Nazar Business and Technology», Республика Узбекистан, 100100 Ташкент, Яккасарайский район, массив Ракат, ул. Беларык, 14/7; e-mail: info@nbt.uz*

*Представлена 23 мая 2024; после доработки 15 октября 2024; принята 28 октября 2024.*

**РЕЗЮМЕ**

В статье пошагово описываются действия, направленные на сохранение глобально угрожаемого вида – среднеазиатской черепахи в зоне строительства фотоэлектрической станции общей площадью 350 га в степи Карнабчуль Самаркандской области Узбекистана. Исследования проводились в весенне-летние сезоны с 2019 по 2022 гг. и охватили стадии планирования и строительства данного объекта. Исследования фауны проектного участка в 2019 г. показали, что самым массовым видом рептилий проектного участка является среднеазиатская черепаха. В 2020 г. была сделана количественная оценка обитающих на проектном участке особей, а также анализ риска запланированных техногенных воздействий. Вероятный ущерб популяции черепах от монтажно-строительных работ был обоснованно оценен в 430 особей. Это послужило серьезным аргументом для переноса полномасштабных строительных работ на середину 2021 г. В 2020 г. началась подготовка к перемещению обитающих на проектном участке черепах за его пределы: согласованы максимально безопасные для животных конструкция ограждения и профиль дренажного канала, начата установка ограждения проектного участка; выбран участок переселения площадью 1250 га со сходными кормовыми и защитными условиями. Весной 2021 г. с участка, с соблюдением необходимых мер предосторожности, изъято и перемещено в зону переселения 4572 особи. В 2022 г. на участке переселения проведен мониторинг эффективности перемещения среднеазиатских черепах, проведены учеты их численности и изучен половозрастной состав. Исследования показали, что процесс перемещения не нарушил половозрастную структуру среднеазиатской черепахи на данной территории и не привел к гибели даже незначительного количества особей. Пустынные территории Узбекистана обладают высоким потенциалом для развития солнечной энергетики. Одновременно, этот сектор экономики также несет в себе и потенциальную угрозу для существования наземных видов позвоночных животных, в частности для среднеазиатской черепахи. Описанные действия по сохранению черепахи в условиях Узбекистана применены впервые и показали хороший результат и его можно использовать при реализации аналогичных проектов.

**Ключевые слова:** глобально угрожаемый вид, мониторинг, половозрастной состав, популяция, сохранение, среднеазиатская черепаха, техногенные воздействия, фотоэлектрическая станция, численность

* *Автор-корреспондент / Corresponding author*

# Experiences with the conservation of the Central Asian Tortoise *Agrionemys horsfieldii* Gray, 1844 during the construction of PV plants in Uzbekistan

**R.D. Kashkarov[1]*, Yu.O. Mitropolskaya[1] and S.R. Kim[2]**

[1] *Institute of Zoology of Academy of Sciences, Bogi Shamol Str. 232 B, 100053 Tashkent, Uzbekistan; e-mail: roman.kashkarov@iba.uz*

[2] *Nazar Business and Technology LLC, 14 Rakat, Suite 7, Belarik street, Yakkasaroy district, 100100 Tashkent, Uzbekistan; e-mail: info@nbt.uz*

*Submitted May 23, 2024; revised October 15, 2024; accepted October 28, 2024.*

**ABSTRACT**

The paper describes step-by-step actions to conserve a globally threatened species – the Central Asian Tortoise in the area of construction of PV plant in the Karnabchul steppe of Samarkand region of Uzbekistan. The total area of the solar PV plant is 350 ha. The research was conducted during spring and summer seasons from 2019 to 2022 during the planning and construction phase of this object. Fauna surveys of the project site in 2019 showed that the most abundant reptiles of the project site are the Central Asian Tortoise. A quantitative assessment of the individuals inhabiting the project site and an analysis the risk of planned technogenic impact were carried out in 2020. The likely damage to the turtle population from the installation and construction works was reasonably estimated at 430 individuals. This was a strong argument for postponing full-scale construction works until mid-2021. Preparations for the relocation of living on the project site turtles began in 2020: the design of the fence and the drainage channel profile were agreed to be as safe as possible for the animals; construction of the project site fence began and a 1250 ha relocation site with similar foraging and protection conditions was selected. In spring 2021, 4572 individuals were removed from the project site and relocated to the resettlement area. The necessary precautions were observed. In 2022, the effectiveness of translocating Central Asian tortoises into the contiguous territory was monitored. Population counts were carried out and the sex and age structure of the turtle population in the relocation area was studied. These studies show that the resettlement process has not disturbed the age and sex structure of the Central Asian tortoise in the area and has not resulted in the mortality of even a small number of individuals. The desert areas of Uzbekistan have the highest potential for solar energy development. At the same time, this sector of the economy also poses a potential threat to terrestrial vertebrate species, in particular the Central Asian Tortoise. The described actions on tortoise conservation in the conditions of Uzbekistan were applied for the first time and showed a good result. In our opinion, it can be used in the implementation of subsequent similar projects.

**Key words:** threatened species, monitoring, sex and age composition, globally population, conservation, Central Asian Tortoise, anthropogenic impacts, PV plant, abundance

## ВВЕДЕНИЕ

Среднеазиатская черепаха *Agrionemys horsfieldii* (Gray, 1844) (Testudines, Testudinidae) – широко распространенный и многочисленный обитатель аридных ландшафтов Узбекистана. По нашим оценкам, в начале 2000-х (Mitropolskiy and Kashkarov 2000), в пустынных районах Бухарской и Навоийской областей общая численность этого вида достигала 14–15 млн особей. По данным Д.А. Бондаренко и Е.А. Перегонцева (Бондаренко и Перегонцев [Bondarenko and Peregontsev] 2017), пригодная территория для обитания черепахи составляет около 300 тыс. км$^2$ – почти 67% площади республики. Однако территориальное распределение вида крайне неравномерно. Значительное сокращение площади местообитаний происходит при хозяйственном освоении. Вторым по значимости негативным воздействием на среднеазиатскую черепаху, по мнению вышеуказанных авторов, является интенсивный промысел в районах с высокой плотностью населения вида. Исследования этого вопроса в Узбекистане (Бондаренко и др. [Bondarenko et al.] 2001; Нуриджанов и др. [Nuridjanov et al.] 2016), в Таджикистане

(Бондаренко и др. [Bondarenko et al.] 2014), в Казахстане (Кубыкин [Kubykin] 1985; Бондаренко и Дуйсебаева [Bondarenko and Duisebaeva] 2012) показали, что продолжительный вылов снижает численность популяции и изменяет половую и возрастную структуру вида.

В 1996 г. среднеазиатская черепаха была внесена в Красный список Международного Союза Охраны Природы со статусом VU – уязвимый (IUCN 2023-2). В 2019 г., по инициативе научного сообщества страны, вид был занесен в Красную книгу Узбекистана со статусом 2(VU) – уязвимый, сокращающийся среднеазиатский эндемичный вид (Вашетко [Vashetko] 2019). Причиной для этого послужил интенсивный промысел. С 2000 по 2015 гг. Узбекистан официально экспортировал 846100 черепах и 15000 яиц (Нуриджанов и др. [Nuridjanov et al.] 2016).

За последние 5 лет в Республике Узбекистан резко возросло количество зарубежных инвестиционных проектов, направленных на развитие альтернативной, или «зеленой» энергетики – строительство солнечных и ветровых электростанций. Территориально большая часть таких проектов реализуется в зоне пустынь. При строительстве объектов на выбранных участках происходит значительное изменение почвенного и растительного покрова, а также проводятся подземные земляные работы. На первый взгляд, трансформация нескольких квадратых километров (в среднем 300–700 га) для обширных пустынных территорий не является критичной. Однако, здесь возможны серьезные угрозы, если данные места обитания характеризуются высокой плотностью, или являются «ядрами поселений» вида (Kashkarov and Mitropolskaya 2021). Поэтому мы считаем, что строительство вышеуказанных объектов также следует включить в список серьезных угроз для редких видов рептилий, в том числе для среднеазиатской черепахи.

Целью настоящего исследования являлись поиск подходов и действий, направленных на предотвращение/смягчение негативных воздействий на поселение среднеазиатской черепахи в период строительства и эксплуатации солнечной электростанции в степи Карнабчуль Самаркандской области. В условиях Узбекистана подобные исследования ранее не проводились. По мнению авторов, описание, апробация и оценка эффективности использованных подходов и действий представляют научный и практический интерес.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал для настоящего исследования был собран в период с 2019 по 2022 гг. в степи Карнабчуль, в окрестностях поселка Тутли Нурабадского района Самаркандской области Узбекистана. Исследования были направлены на изучение поселения среднеазиатской черепахи и предотвращение угроз виду при строительстве солнечной электростанции, в 2.5 км восточнее поселка Тутли (Рис. 1).

В физико-географическом отношении территория исследований представляет собой обширную пустынную равнину, носящую название «Каршинская степь». Ее восточная часть имеет отдельное название «степь Карнабчуль» (Шульц [Schultz] 1959) и представляет собой полого наклоненную в южном направлении подгорную равнину останцовых Зирабулакских и Зиадинских гор. Поверхность слабо расчленена неглубокими руслами временных водотоков и покрыта редкими кустарниками. Диапазон высот – от 200 до 400 м над ур. м. По типу ландшафта и местообитаний территория является глинисто-солончаковой пустыней с элементами супесчаных почв, фоновыми полукустарниками полыни и редкими кустарниками черкеза и кандыма.

14 марта 2019 г., в рамках межправительственного Соглашения от 5 октября 2018 г., для строительства солнечной электростанции решением хокима Нурабадского района было выделено 582 га пастбищных угодий. В мае 2019 г. эколог национальной консалтинговой компании ООО «Nazar Business and Technology» («NBT») С.Р. Ким совместно с международным экспертом компании «Terra Naturalis» Jorge Fernandes Layana провели краткосрочные исследования биоразнообразия площадки предполагаемого строительства. Фокус исследований был направлен на поиск дрофы красотки *Chlamydotis macqueenii* (J.E. Gray, 1832). Соответственно, использовался специально разработанный для обнаружения этого вида метод пеших трансект по квадратам (Koshkin et al. 2014). Этот метод

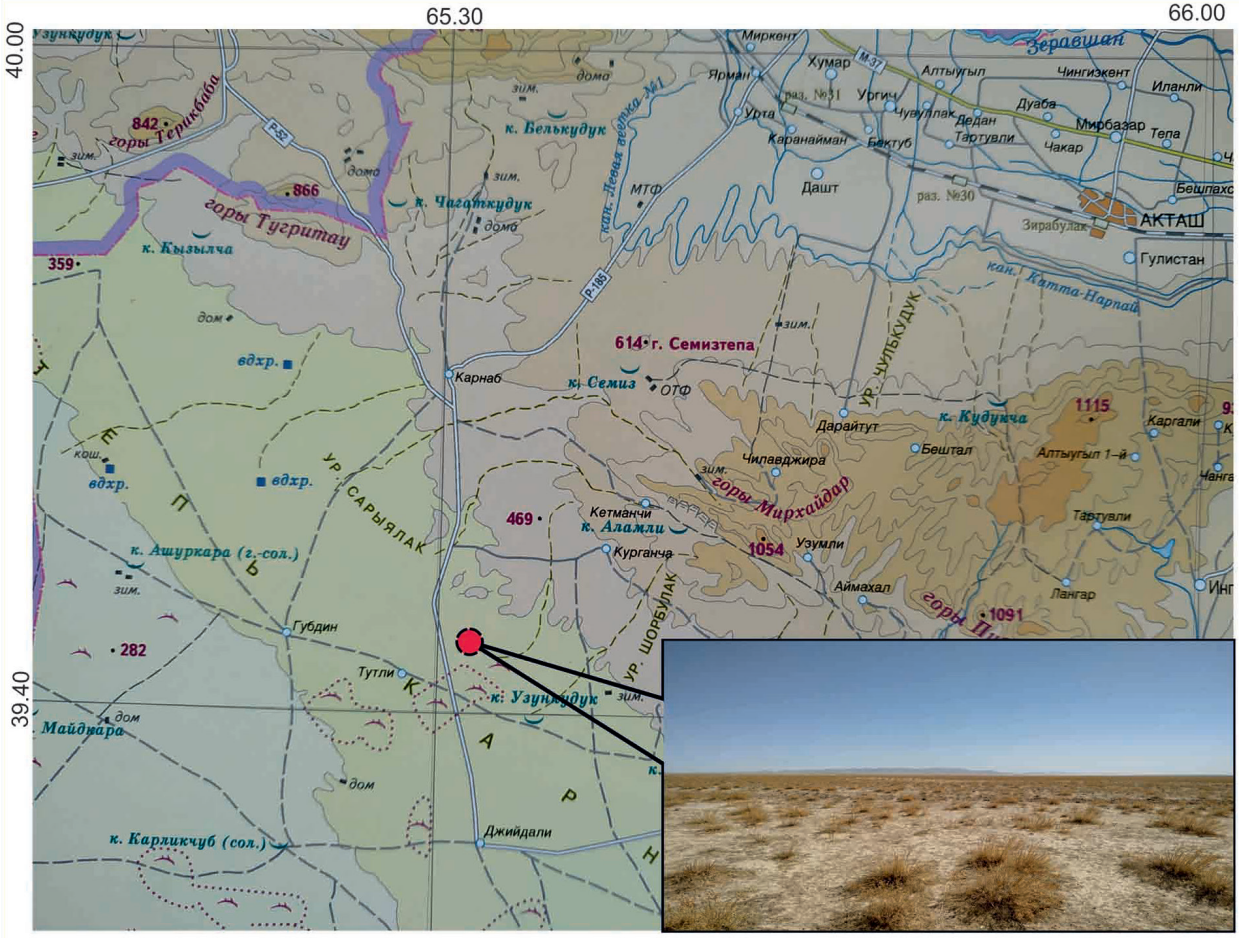


**Рис. 1.** Расположение и ландшафт проектного участка (фото 10.08.2019).
**Fig. 1.** Location and landscape of the project site (photo 10.08.2019).

также позволил получить первую информацию о наличии и состоянии численности среднеазиатской черепахи на проектной территории (Fernandes and Kim 2019).

13 мая 2020 г. вышло Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по реализации инвестиционного проекта «Строительство фотоэлектрической станции в Самаркандской области мощностью 100 МВт» (№ ПП-4712), в котором всем вовлеченным министерствам и ведомствам предписывалось выполнение данного проекта в сжатые сроки. Как сообщила ответственная за строительство и эксплуатацию фотоэлектрической станции французская компания «Total Eren SA» (далее – «Total»), на первом этапе строительства планировалось использовать 350 га выделенной территории. Земляные работы на участке строительства планировалось начать в июне 2020 г.

Предварительные исследования в мае 2019 г. показали, что самым массовым видом рептилий проектного участка является среднеазиатская черепаха. Исходя из этого, «Total» направила в «NBT» запрос на проведение оценки возможной степени негативного воздействия на поселение черепах в результате строительных работ на участке. Одновременно «Total» предоставила подробную информацию о видах и объемах земляных работ (Табл. 1).

К предполагаемому моменту начала земляных работ (июнь) в почве участка, на глубине от 0.4 до 1.5 м должно было находиться в состоянии спячки значительное количество взрослых

**Таблица 1.** Виды земляных работ на участке строительства фотоэлектрической станции в окрестностях поселка Тутли.
**Table 1.** Types of earthworks at the construction site of the PV plant in the vicinity of Tutli settlement.

| Виды земляных работ / Types of excavations | Глубина (м) Depth (m) | Площадь ($м^2$) Area ($m^2$) | % площади участка % of site area |
|---|---|---|---|
| Выравнивание площадки / Site levelling | Более 0.5 More then 0.5 | 100000 | ~ 3 |
| Забивка 41500 свай с поперечным сечением 0.06 $м^2$ Driving of 41500 piles with a diameter of 0.06 $m^2$ | 2.5 | 2500 | ~ 0.1 |
| Углубления под фундаменты подстанции высокого напряжения, производственной подстанции, административного здания Excavations for foundations of high voltage substation, industrial substation, administrative building | 1–3 | 2500 | ~ 0.1 |
| Траншея для отвода воды / Drainage trench | 0.5–1.5 | 40000 | ~ 1 |
| Общая площадь земляных работ / Total area of excavation work | | 145000 | ~ 5 |

черепах и отложенные ими яйца на глубине 8–30 см. Как видно из Табл. 1, характер проведения земляных работ являлся прямой угрозой гибели части особей. Таким образом, степень негативного воздействия определялась нами как возможное количество погибших особей в поселении среднеазиатской черепахи. Конкретные цифры возможного ущерба должны были стать аргументом в пользу перенесения монтажно-строительных работ на середину 2021 г. и перемещения черепах за пределы участка до начала строительства. Для этого были необходимы данные по плотности, общему количеству и воспроизводственному потенциалу вида на участке строительства. Однако в 2020 г. получить такие данные посредством учетов не удалось из-за завершения периода весенней активности черепах. Поэтому для количественной оценки поселения вида на участке строительства нами был использован анализ существующих собственных и доступных литературных данных по следующим биологическим показателям: плотность; возрастная и половая структура; сезонная активность; воспроизводственный потенциал.

Биологические параметры среднеазиатской черепахи, в частности плотность, очень сильно варьируют на различных участках ареала. Для расчетов нами использовались показатели по территориям, максимально близким к проектному участку и/или сходным с ним по условиям обитания. С этой целью удалось найти и проанализировать 10 литературных источников и материалы прежних собственных наблюдений. Описание алгоритмов расчетов по каждому из биологических показателей и ссылки на источники данных приведены в разделе «Результаты».

В январе–апреле 2021 г. для определения зоны переселения среднеазиатских черепах нами были проведены исследования территории в радиусе 25 км от участка строительства. На пеших маршрутах определялись степень схожести рельефа, наличие необходимых укрытий (особенности субстрата, промоины, норы грызунов и др.). Состояние кормовой базы потенциальных участков переселения черепах определялось методом дистанционного зондирования спутниковых снимков Landsat 8 и TERRA MODIS на основе нормализованного разностного индекса растительности (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) (Ricotta and Avena 1999). Для сравнения использовались снимки за апрель 2019–2021 гг., т.е. за период максимальной продуктивности фитомассы эфемеров и эфемероидов и максимальной активности черепах (Рис. 6).

Поскольку среднеазиатская черепаха выходит из спячки в середине марта, а массовая откладка яиц наблюдается в начале – середине мая, перемещение черепах из зоны строительства было рекомендовано начать в конце марта и завершить до конца апреля 2021 г. Сбор черепах на участке строительства проводился с 1 по 14 апреля 2021 г. Участвовали 3 представителя Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан (Минэкологии РУз) и 9 обученных

**Рис. 2.** Подготовка собранных черепах к перемещению.
**Fig. 2.** Preparing the collected tortoises for relocation.

**Рис. 3.** Выпуск черепах на участок переселения.
**Fig. 3.** Releasing tortoises into the relocation area.

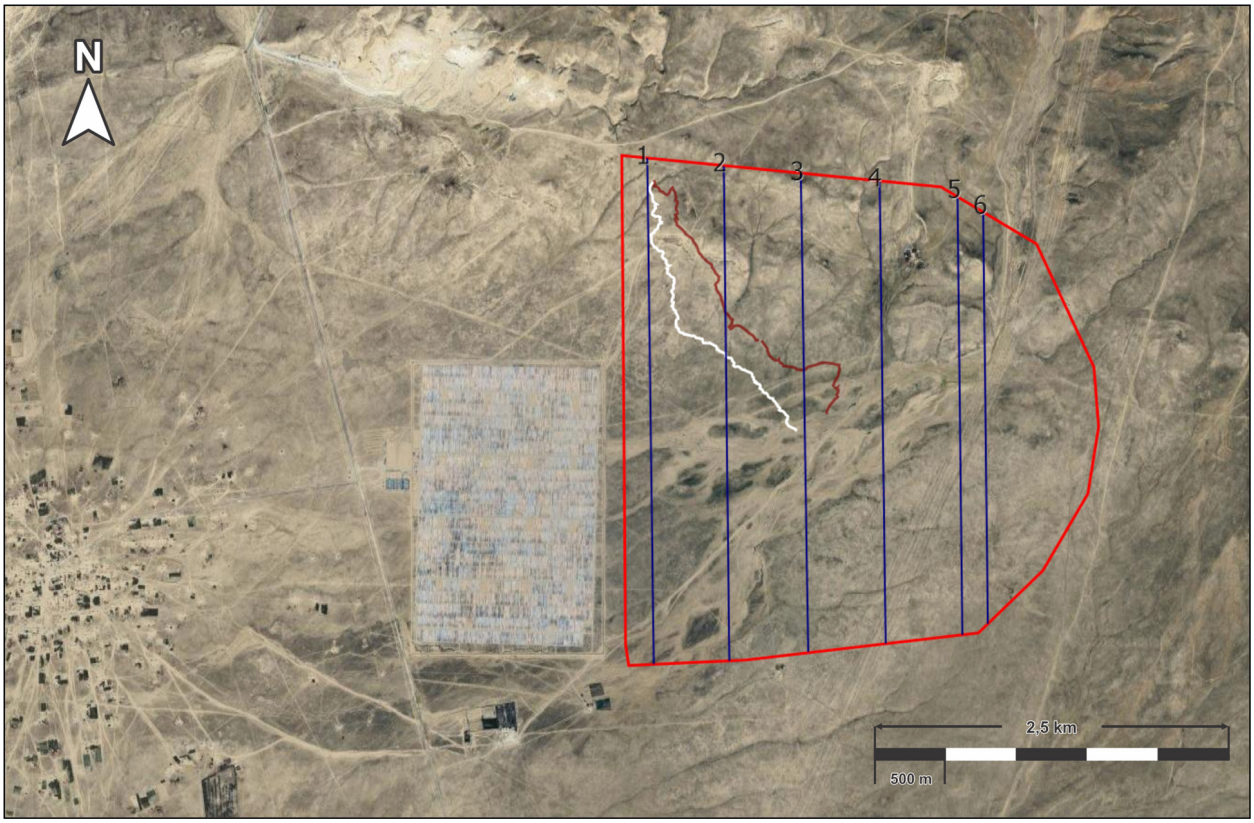


**Рис. 4.** Трансекты по учету черепах на участке переселения (прямые синие линии – автомобильные трансекты по учету численности; извилистые белая и темно-красная линии – произвольные пешие трансекты по определению пола и возраста).

**Fig 4.** Turtle count transects at the relocation site (straight blue lines are vehicle count transects; curved white and dark red lines are random walking transects for sex and age determination).

местных жителей из поселка Тутли. Сбор проводился в периоды максимальной суточной активности вида – с 10:00 до 13:00 и с 16:00 до 18:00. Сборщики двигались по предварительно отмеченным параллельным трансектам на расстоянии 20 м друг от друга. Все встреченные черепахи помещались в тканевые мешки. В конце каждого трансекта сборщики размещали собранных черепах в кузове грузового автомобиля под тентом – в специальных фанерных ящиках размером 60×60×40 см, с перегородками для разноразмерных особей и с вентиляционными отверстиями в боковых стенках и крышке (Рис. 2).

После каждого утреннего и вечернего отловов черепахи перевозились по существующим грунтовым дорогам на участок переселения и равномерно распределялись по территории (Рис. 3). Для изъятия с участка строительства всех черепах ежедневный сбор продолжался до конца июня (до полного окончания периода активности вида) силами персонала компании «Tutly Solar» в соответствии с разработанной нами инструкцией.

В апреле 2022 г., для получения базовой информации по эффективности перемещения среднеазиатских черепах на участке переселения были проведены мониторинговые исследования. Учет численности проводился с автомобилей повышенной проходимости, по 6 заранее проложенным параллельным трансектам (Рис. 5). Длина трансект составляла от 1.2 до 3.96 км, ширина учетной полосы – 100 м. Два учетчика находились в открытом кузове автомобиля типа пикап, что в условиях открытой равнины давало возможность обзора по 50 м с каждой стороны. Такой метод учета является

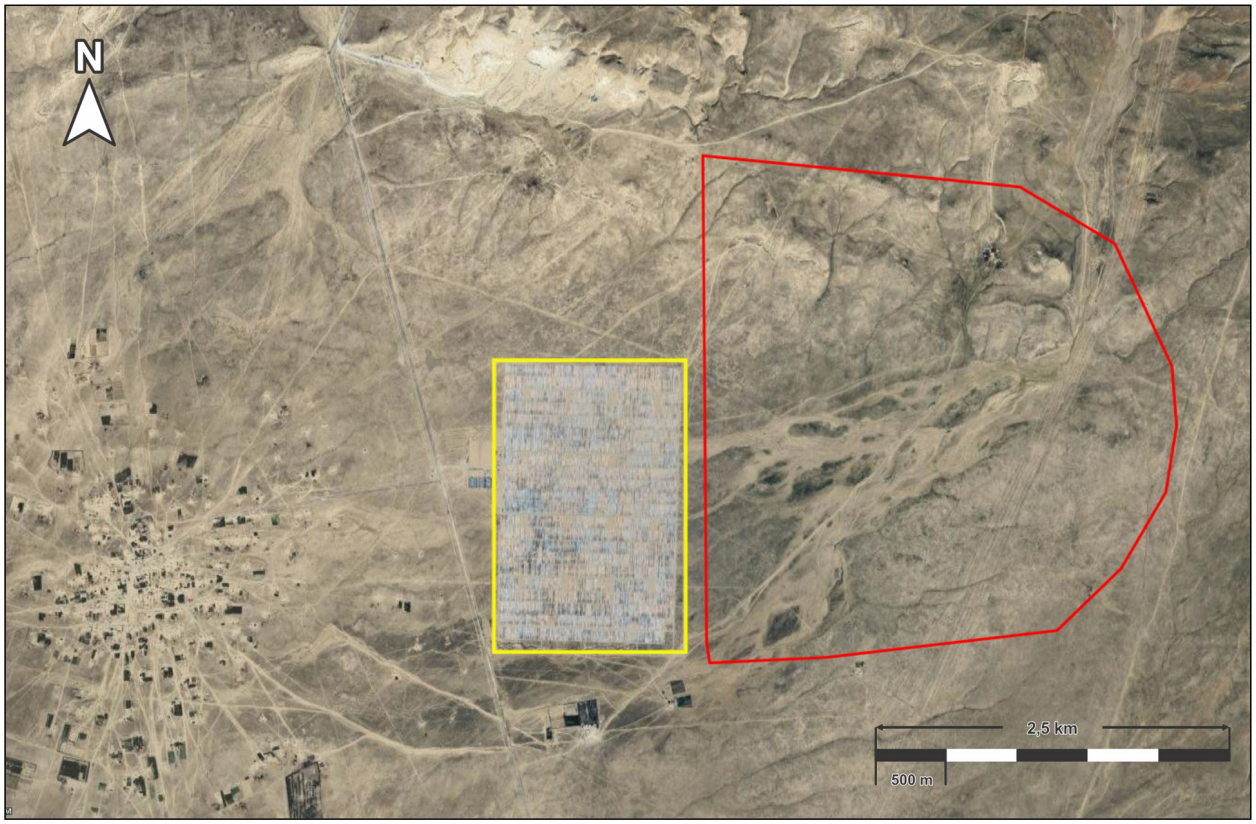


**Рис. 5.** Расположение участка строительства фотоэлектрической станции (желтый контур) и территории для переселения среднеазиатской черепахи (красный контур).

**Fig 5.** Location of the PV plant construction site (yellow outline) and Central Asian tortoise relocation area (red outline).

вариантом широко применяемых маршрутных методов учета рептилий (Динесман и Калецкая [Dinesman and Kaletskaya] 1952; Щербак [Scherbak] 1989). Ранее он использовался нами для учета среднеазиатских черепах в условиях хорошей видимости и успешно апробирован в пустыне Кызылкум. Преимущество этого метода в том, что он позволяет за достаточно короткий период охватить большие территории при максимальной активности животных. Однако он дает заниженную оценку плотности населения вида, по сравнению с методом пеших маршрутных учетов и тем более методом вылова на ограниченной площадке.

Для определения половозрастного состава черепах на участке переселения были заложены два произвольных пеших трансекта протяженностью 3.2 и 2.9 км, с целью осмотра максимально возможного количества особей (Рис. 5). Пол каждой встреченной особи определялся по форме и длине хвоста. Возраст черепах определялся по максимальной длине панциря на основании опубликованных данных (Банников и др. [Bannikov et al.] 1977; Брушко и Кубыкин [Brushko and Kubykin] 1977), а также выявленной нами ранее зависимости размера от возраста (Табл. 4).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Предварительные исследования проектной площадки 14–16 мая 2019 г. (Fernandes and Kim 2019) были краткосрочными и не нацелены на учет численности черепах. Поэтому показатель плотности населения оказался занижен (3.4 особи на 1 га). Тем не менее, это позволило привлечь внимание к исследованию среднеазиатской черепахи, как самого многочисленного вида в зоне строительства.

**Таблица 2.** Биологические показатели для поселения среднеазиатской черепахи на участке строительства фотоэлектрической станции в окрестностях поселка Тутли.

**Table 2.** Biological parameters for the population of the Central Asian tortoise at the site of construction of the PV plant in the vicinity of Tutli settlement.

| Биологические показатели популяции<br>Biological parameters for the population | Показатели для проектного участка<br>Parameters for the project site | Расчетные показатели для участка (S=350 га)<br>Estimated parameters for the site (S=350 ha) |
|---|---|---|
| Плотность и состояние численности<br>Density and population status | Плотность черепах на 1 га:<br>3.4–16+5.5 особей/га,<br>в среднем 10 особей/га<br>Density of tortoises per 1 ha:<br>3.4–16+5.5 individuals /ha,<br>average 10 individuals/ha | Общая численность черепах:<br>350 га × 10 = 3500<br>Total number of tortoises:<br>350 ha × 10 = 3500 |
| Возрастная структура популяции<br>Age structure of the population | Доля взрослых особей:<br>76.9–93%, в среднем = 85.2%<br>Proportion of adults:<br>76.9–93%, average = 85.2% | Количество взрослых черепах:<br>3500 × 85.2% = 2982<br>Number of adult tortoises:<br>3500 × 85.2% = 2982 |
| Половая структура популяции<br>Sex structure of the population | Соотношение самцов и самок:<br>1/1.5–1 самцов / 2.3, в среднем 1.0/1.9<br>или 35% самцов и 65% самок<br>Male to female ratio:<br>1/1.5–1 males / 2.3, average 1.0/1.9<br>or 35% males × 65% females | Количество взрослых самок:<br>2982 × 65% = 1938<br>Number of adult females:<br>2982 × 65% = 1938 |
| Воспроизводственный потенциал<br>Reproductive potential | Количество отложенных яиц на 1 самку:<br>5.5–6.4, в среднем 5.9<br>Number of eggs laid per 1 female:<br>5.5–6.4, average 5.9<br>% вылупления: 60<br>% of hatching: 60 | Прирост популяции<br>(количество молодых черепах на участке):<br>1938 × 5.9 × 60% = 6860 молодых особей<br>Population growth<br>(number of juvenile tortoises on the site):<br>1938 × 5.9 × 60% = 6860 juvenile |
| Итого на участке:<br>Total for the site: | 3500 взрослых + 6860 молодых особей = 10360 особей<br>3500 adults + 6860 juvenile = 10360 individuals | |

Первые комплексные исследования фауны Каршинской степи были проведены Институтом зоологии и паразитологии Академии наук Узбекской ССР в 1963–1965 гг. В опубликованной по результатам этих исследований коллективной монографии содержатся данные по сезонной активности и размножению среднеазиатской черепахи (Карпенко [Karpenko] 1967). С конца 1960-х и до конца 1990-х гг. опубликованных данных, характеризующих фауну проектной территории, мы не нашли. Современные данные о пространственной структуре, численности и размножении среднеазиатской черепахи в Каршинской степи и аналогичных ландшафтах Узбекистана содержатся в публикациях Д.А. Бондаренко ([Bondarenko] 1994), Д.А. Бондаренко и Е.А. Перегонцева ([Bondarenko and Peregontsev] 2017) и некоторых других авторов. Ниже, на основании этих публикаций, приводятся описание алгоритмов расчетов по каждому из биологических показателей.

## 1. Плотность и состояние численности среднеазиатской черепахи на проектной территории

Исследования Д.А. Бондаренко и Е.А. Перегонцева ([Bondarenko and Peregontsev] 2017) показали, что повышенная плотность населения вида отмечалась в юго-восточной части Зиадинских гор. На лёссовых полынно-эфемеровых предгорьях в окрестностях поселка Карнаб авторы насчитали 16+5.5 особей/1 га. Для другой, пригодной для обитания вида территории (1.8 тыс. км$^2$), плотность населения черепахи превышает 10 особей/га. Участок строительства солнечной электростанции, как следует из публикации, входит состав этой территории. Исходя из этого, усредненная плотность особей

**Таблица 3.** Результаты автомобильного учета среднеазиатской черепахи на участке переселения.
**Table 3.** Results of vehicle counts of the Central Asian tortoise at the relocation site.

| | № трансект / Transect No. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 4 | 7 | 10 | 13 | 14 |
| Дата / Date | 16.04.2022 | | 17.04.2022 | | | |
| Время учета / Time of counting | 8:00–9:00 | 9:40–10:40 | 8:20–9:10 | 9:10–9:50 | 9:50–10:10 | 10:10–10:30 |
| Длина (м) / Length (m) | 3900 | 3900 | 3700 | 3600 | 3400 | 3200 |
| Ширина (м) / Width (m) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Площадь (га) / Area (ha) | 39 | 39 | 37 | 36 | 34 | 32 |
| Учтено черепах / Tortoises counted | 427 | 82 | 203 | 110 | 62 | 38 |
| Плотность черепах на 1 га Density of tortoises per 1 ha | 10.9 | 2.1 | 5.5 | 3.1 | 1.8 | 1.2 |
| Средняя плотность на 1 га Average density per 1 ha | 4.1 | | | | | |

среднеазиатской черепахи для расчетов была принята нами как 10 особей/га. Таким образом, общее количество черепах на проектном участке было рассчитано нами как 10 особей/га × 350 га = 3500 особей.

**2. Возрастная структура популяции**

Проведенные нами в апреле 1997–2001 гг. подсчеты на 8 пунктах в аналогичных местах обитания – на супесчаных и глинистых участках пустыни Кызылкум, показали, что молодые особи составляли от 3.1% до 30.4 %, в среднем 14.1% всех учтенных особей (Кашкаров [Kashkarov] 1997–2001). На волнистой подгорной равнине гор Каратау и Актау в южном Таджикистане, доля неполовозрелых особей (до 10 лет) в большинстве обследованных местообитаний составляла 7% (Бондаренко и др. [Bondarenko et al.] 2014). На глинисто-супесчаной равнине между поселками Тамды и Аяккудук молодые составляли 23.1% всех учтенных особей (Нуриджанов и др. [Nuridjanov et al.] 2016). На основании этих данных доля взрослых особей на проектном участке оценена как (85.9% + 93% + 76,9%) : 3 = 85.2%, или 3129 особей.

**3. Половая структура популяции**

Данных по половой структуре среднеазиатской черепахи в сходных с проектными местах обитания также крайне мало. По результатам наших учетов на 173 пунктах пустынных районов Бухарской и Навоийской областей в 1990–1991 и 1995–1999 гг., соотношение взрослых самцов к самкам составляло в среднем 1 : 1.5 (Mitropolskiy and Kashkarov 2000). По данным Д.А. Бондаренко с соавторами (Бондаренко [Bondarenko et al.] 2014) по южному Таджикистану, в 56% учетов преобладали самки, но их доля, как правило, не превышала долю самцов более чем в 2 раза, а в 33% учетов преобладали самцы. То есть, соотношение было близко к нашим данным. По данным Д.А. Нуриджанова с соавторами ([Nuridjanov et al.] 2016), на различных участках северной подгорной равнины хребта Нуратау и глинисто-супесчаной пустыни между поселками Тамды и Аяккудук соотношение самцов к самкам колебалось от 1 : 1.9 до 1 : 3.2, в среднем 1 : 2.3. На основании этих данных, усредненный показатель соотношения самцов к самкам для проектного участка, в первом приближении, нами был принят как 1.0 : 1.9, или 35% самцов и 65% самок. В пересчете на проектный участок это составило 1191 самец и 1938 самок.

**4. Воспроизводственный потенциал**

О.П. Богданов (Богданов [Bogdanov] 1960) указывал, что черепахи откладывают яйца порциями от 1 до 5, в 3–4 приема. Найденные им кладки чаще состояли из 1–2 яиц. В.П. Карпенко ([Karpenko] 1967) для южной части Каршинской степи указывает на наличие у крупных самок черепах от 6 до 9, в среднем 7.1 яиц. По данным Т.З. Захидова ([Zakhidov] 1971), за сезон самка среднеазиатской черепахи откладывает до 11 яиц, в среднем 6. С.Д. Назарова с соавторами (Назарова [Nazarova et al.] 1984) указывают,

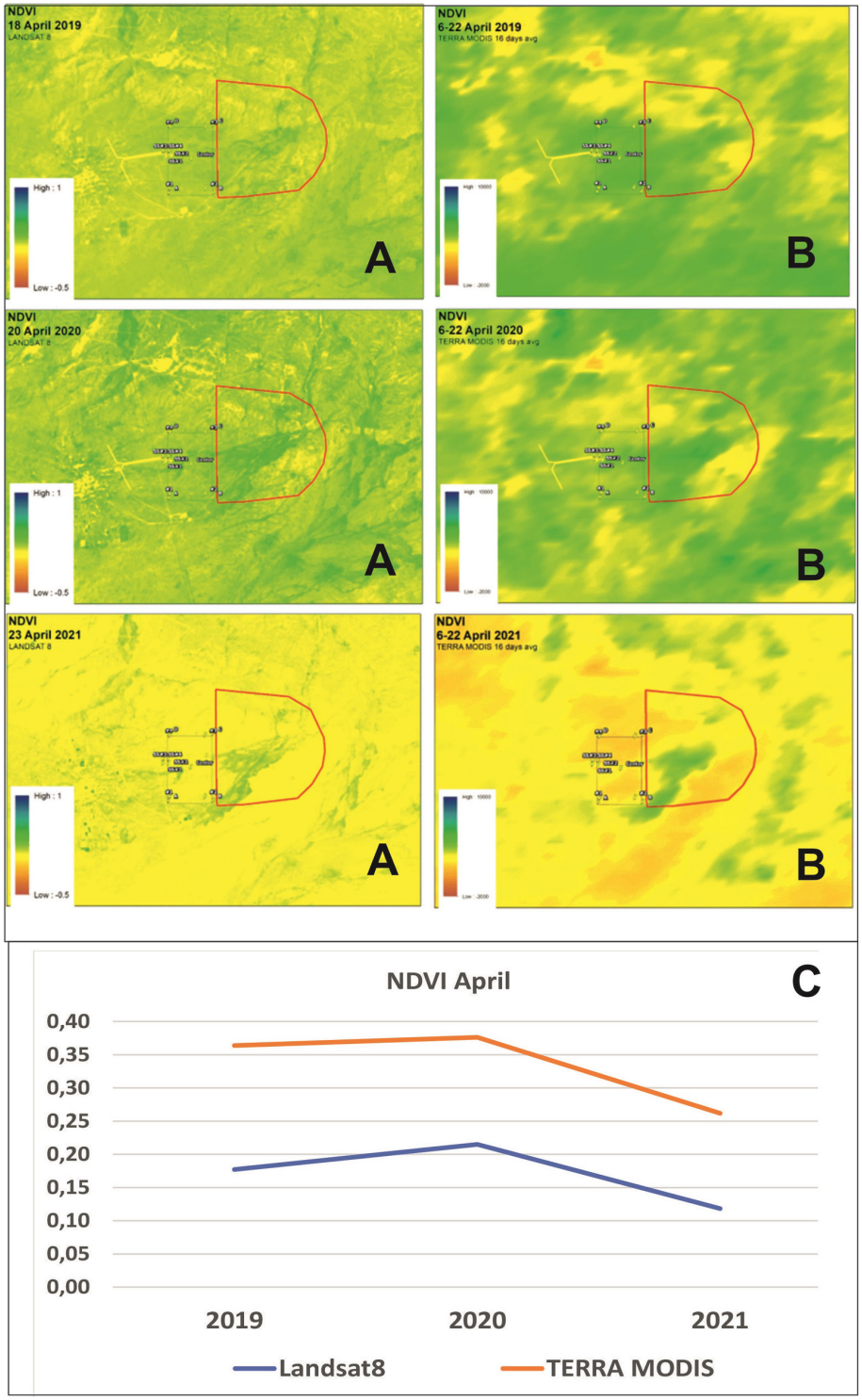


**Рис. 6.** Продуктивность фитомассы на участке строительства и территории для переселения среднеазиатской черепахи по данным спутниковых снимков.

**Fig. 6.** Phytomass productivity at the construction site (rectangular contour ABCD) and the area for relocation of the Central Asian turtle according to satellite images.

**Рис. 7.** Ограждение и профиль дренажного канала вокруг участка фотоэлектрической станции в окрестностях пос. Тутли, февраль 2021 г.

**Fig. 7.** Fencing and profile of the drainage channel of the PV plant construction site in the vicinity of Tutli settlement, February 2021.

что за сезон размножения самка среднеазиатской черепахи откладывает до 5–6 яиц. Наши исследования 1995–1999 гг. показали, что количество яиц у среднеазиатской черепахи в центральной и южной части пустыни Кызылкум колеблется от 4 до 13, в среднем – 6.4 на одну самку. Холостующие самки составляли менее 1% взрослых (Mitropolskiy and Kashkarov 2000). Таким образом, среднее количество отложенных одной самкой черепахи яиц может составлять (6 + 6 + 5.5 + 6.4) : 4 = 5.9. По успешности размножения среднеазиатской черепахи имеются сведения в публикации С.Д. Назаровой с соавторами (Назарова и др. [Nazarova et al] 1984): из собранных в пустыне Кызылкум яиц процент вылупления жизнеспособных черепах в лабораторных условиях составил 76%. По данным Е.В. Быковой с соавторами (Быкова [Bykova et al.] 2008), эмбриональная смертность составляет около 25%. По нашим наблюдениям в Навоийской и Бухарской областях в 1995–1999 гг. (Mitropolskiy and Kashkarov 2000), молодые черепахи вылупляются примерно из 60% отложенных яиц, около 40% яиц погибает от механических повреждений и поедается различными животными. Таким образом, годовой прирост в поселении черепах на проектном участке был оценен нами путем следующих расчетов: 1938 взрослых самок × 5.9 яиц × 60% = 6860 молодых особей. Итоговая количественная оценка поселения среднеазиатской черепахи в зоне строительства представлена в Табл. 2.

К началу 2021 г., на основании визуального анализа схожести рельефа, особенностей субстрата и наличия необходимых укрытий, анализа космоснимков, на восточной границе проектного участка была выбрана территория для переселения площадью 1250 га (Рис. 4).

Пояснения к рисунку 6: прямоугольный контур ABCD – участок строительства; красный контур – территория для переселения среднеазиатской черепахи; A – снимки спутника Landsat 8; B – снимки спутника TERRA MODIS; C – индекс NDVI в апреле 2019, 2020, 2021 гг.

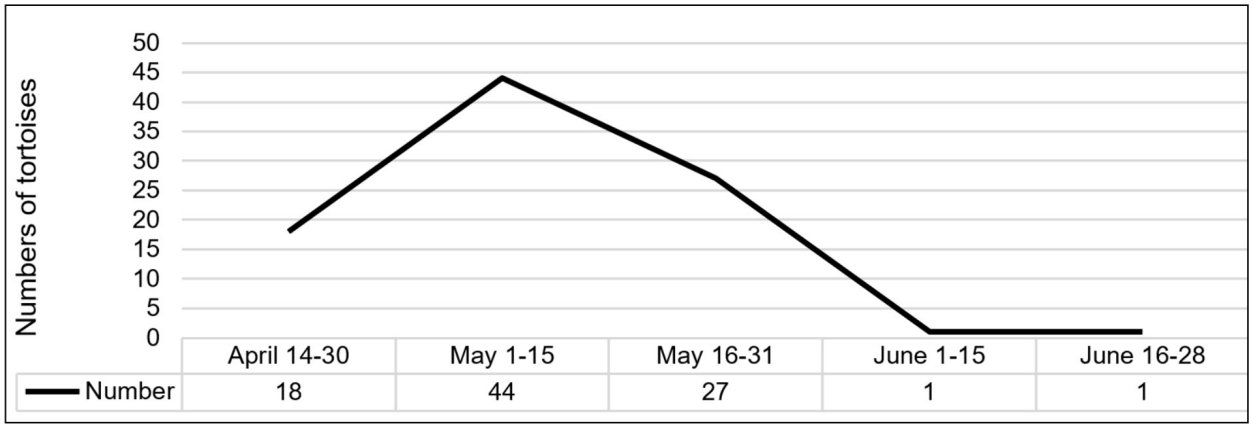


**Рис. 8.** Ход сбора черепах на участке Tutly Solar 1–13 апреля 2021 г.

**Fig. 8.** Progress of tortoise collection at the Tutly Solar site 1–13 April 2021.

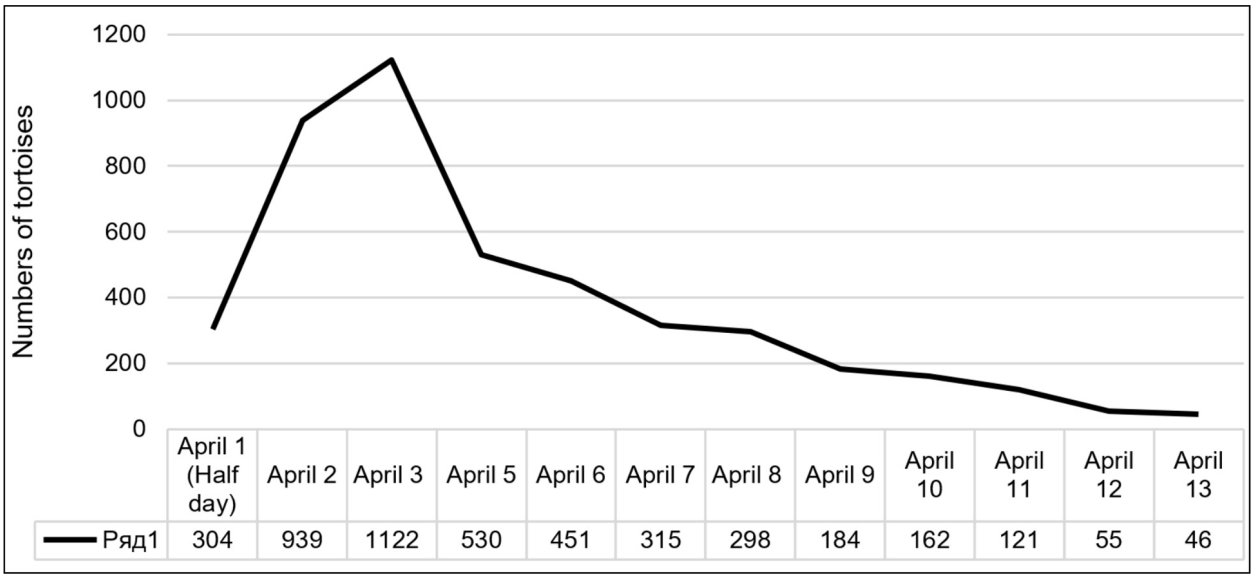


**Рис. 9.** Ход сбора черепах на участке Tutly Solar с 14 апреля по 28 июня 2021 г.

**Fig. 9.** Progress of turtle collection at the Tutly Solar site from 14 April to 28 June 2021.

1–13 апреля 2021 г. на участке строительства была собрана 4481 особь среднеазиатской черепахи (Рис. 8). Далее, до конца июня (окончание периода активности вида) была собрано и перемещено за пределы участка строительства еще 91 особь (Рис. 9). Итоговое количество собранных на участке строительства черепах превысило прогнозируемую цифру 3500 (Табл. 2) и составило 4572 особи, что соответствовало плотности 13.1 особей на 1 га. В процессе сбора и перемещения ни одна черепаха не пострадала и не погибла, что подтверждено соответствующим актом Минэкологии РУз.

Результаты учетов численности среднеазиатских черепах по трансектам на участке переселения 16–17 апреля 2022 г. и последующая экстраполяция на всю территорию участка приведены в Табл. 3.

Данные по определению половозрастного состава черепах на участке переселения, полученные при прохождении 2 произвольных пеших трансект, представлены в Табл. 4.

**Таблица 4.** Половой и возрастной состав среднеазиатских черепах на участке переселения 16 апреля 2022 г. по данным произвольных пеших маршрутов.

**Table 4.** Sex and age composition of Central Asian tortoises at the relocation site on April 16, 2022 based on random walk data.

| Размеры / Возраст<br>Size / Age | Кол-во осмотренных особей<br>Number of inspected individuals | | % в популяции<br>% in population | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | самец<br>male | самка<br>female | самец<br>male | самка<br>female | возрастных групп<br>age groups |
| 6–10 см / до 10 лет (молодые)<br>6–10 sm / up to 10 years (young) | 4 | 10 | 2.5 | 6.3 | 8.7 |
| 11–15 см / 10–15 лет (взрослые)<br>11–15 sm / 10–15 years (adults) | 46 | 10 | 28.8 | 6.3 | 35.1 |
| 16–21 см / 20 лет и < (взрослые + старые)<br>16–21 sm / 20 years and < (adults + old) | 8 | 82 | 5.0 | 51.3 | 56.2 |
| Итого / Total | 58 | 102 | 36.3 | 63.7 | |

## ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные нами расчеты показали, что общее количество черепах, находящихся в почве участка строительства к августу 2020 г., с учетом родившихся молодых особей, могло составлять 10360 особей, что соответствует плотности 29.6 особей на 1 га (Табл. 2). В случае воздействия на 145000 м$^2$ (14.5 га) почвы участка (Табл. 1), предполагаемое количество погибших среднеазиатских черепах было оценено нами как 29.6 особей × 14.5 га = 430 особей. Предполагаемая гибель такого количества особей вида, имеющего высокий риск исчезновения на глобальном уровне, была недопустимой. Это явилось решающим аргументом в пользу приостановки монтажно-строительных работ на участке и перенесения их на середину 2021 г. В качестве первоочередных действий по предотвращению угрозы гибели черепах застройщику было рекомендовано перемещение черепах за пределы проектного участка.

Для выполнения намеченных действий в 2021 г. застройщику было предложено:

1. Провести исследования сопредельных территорий и определить зону переселения черепах, соответствующую необходимым условиям обитания и кормовым запасам.

2. Предварительно, до выхода черепах из спячки и начала работ по их перемещению, обеспечить полное ограждение участка.

3. До начала строительства провести сбор и перемещение обитающих на проектном участке среднеазиатских черепах за его пределы в аналогичные условия обитания (в зону переселения).

Изначально изъятие среднеазиатской черепахи с участка строительства было рекомендовано на период проведения земляных работ и монтажа оборудования. Для «возврата» черепах на проектный участок после запуска объекта в эксплуатацию, в конструкции ограждения были предусмотрены проходы размером 20×20 см через каждые 7.5 м – всего порядка 1000 проходов. Однако фаза эксплуатации объекта потребовала необратимого изъятии черепах с проектного участка по двум причинам.

Первая причина – ежедневное движение автотранспорта по внутренним дорогам для профилактического обслуживания. В частности, сухая очистка солнечных панелей должна производиться посредством навесной системы «DAKAR V2 HYDRAULIC ARM Brush», установленной на колесном тракторе (Рис. 9). Профилактическое обслуживание и очистка солнечных панелей особенно интенсивно проводится с марта по июнь. Это совпадает с периодом сезонной активности черепах. Таким образом, присутствие черепах на участке неизбежно приводило бы к их гибели.

Вторая причина – дренажный канал (траншея) глубиной от 0.5 до 1.5 м по всему внешнему периметру участка для предотвращения воздействия наводнений и оползней. Мировая практика показывает, что подобные сооружения являются ловушкой для многих видов рептилий.

**Рис. 10.** Система сухой очистки солнечных панелей на участке Tutly Solar.
**Fig. 10.** Solar panel dry cleaning system at the Tutly Solar site.

В связи с этим, нами было рекомендовано изменить профиль канала, сделав его внешнюю стену с уклоном 30°, что позволяет животным выбираться из траншеи (Рис. 7).

Важным условием успешного сохранения изъятых черепах являлся выбор территории для переселения. Анализ индекса NDVI спутниковых снимков Landsat 8 и TERRA MODIS показал, что продуктивность растительной биомассы территории, на которую были переселены черепахи, не уступает, а даже превышает продуктивность территории строительства солнечной электростанции (Рис. 6). Этот факт обеспечивал стабильное существование поселения среднеазиатских черепах на данной территории даже при значительном увеличении их плотности в связи с переселением.

По результатам первичного мониторинга на участке переселения весной 2022 г., средняя плотность черепах после релокации составила 4.1 особи на 1 га. Общее количество среднеазиатских черепах на участке переселения было рассчитано как 4.1 × 1250 га = 5125 особей. К сожалению, мы не имели возможности оценить плотность этого вида на участке переселения до начала наших работ. Кроме этого, результаты, полученные различными методами, нельзя использовать для сравнительного анализа. Поэтому сделать корректный вывод о влиянии переселения по данным количественных учетов мы не можем. Однако можем утверждать, что критических изменений полового и возрастного состава популяции в результате релокации 4572 особей с огороженного участка «Tutly Solar» на участок переселения не произошло. Это подтверждает отсутствие следов массовой гибели черепах на данной территории в 2022 г. Единственный панцирь черепахи был отмечен при прохождении пешего трансекта. Его состояние свидетельствовало о том, что особь погибла за несколько лет до начала переселения.

**Рис. 11.** Предупреждающие знаки в зоне строительства Tutly Solar.
**Fig. 11.** Warning signs in the Tutly Solar construction zone.

Как видно из Табл. 4, соотношение самцов к самкам на территории переселения соответствовало указанному в литературе для природных популяций (Mitropolskiy and Kashkarov 2000; Бондаренко и др. ([Bondarenko et al.] 2014); Нуриджанов и др. [Nuridjanov et al.] 2016) – 36.3% самцов и 63.7% самок. Обеспеченность черепах кормовыми ресурсами также не вызвала опасений, поскольку более 50% осмотренных нами особей имели хорошую упитанность, что соответствует фенологическим срокам в природных популяциях

Наряду с этим, на территории исследований было отмечено чрезвычайно низкое количество молодых черепах с размерами панциря 6–10 см. Всего на пеших трансектах 16 апреля нами было учтено 14 таких особей – 8.7% от общего числа встреченных (Табл. 4). Такая ситуация характерна для мест интенсивного промысла среднеазиатских черепах (Бондаренко и др. [Bondarenko et al.] 2001; Bondarenko [Bondarenko] 2022). В конце 1900-х – начале 2000-х гг. промысел черепахи проводился также в степи Карнабчуль, и, возможно, на проектной территории и в ее широких окрестностях. Возможно нарушение возрастной структуры в поселении черепах является последствием такого промысла.

В соответствии с этим, сотрудникам охраны и техническому персоналу, регулярно находящимся в зоне строительства Tutly Solar, было рекомендовано регистрировать все случаи, которые могут быть расценены как незаконная добыча черепах, и сообщать об этом в областное Управление Минэкологии РУз.

Еще одним фактором риска повышенной смертности рептилий на проектной территории являлось увеличение количества автотранспорта после начала строительства. Для снижения этой угрозы на внутренних, подъездных и проходящих рядом с участком дорогах были установлены специально разработанные нами знаки, предупреждающие о возможном присутствии черепах (Рис. 11).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ достоверной информации по биологическим параметрам видов может использоваться для разработки путей предотвращения/корректировки различных техногенных воздействий на виды и территории.

2. При строительстве фотоэлектрических станций невозможно свести к минимуму трансформацию мест обитания. Наиболее действенным методом сохранения угрожаемых видов рептилий является их перемещение за пределы проектных участков – в аналогичные места обитания. Эти действия должны быть основаны на предварительном анализе состояния популяций и мест обитания ключевых видов.

3. Исследования показали, что в условиях пустынной зоны перемещение среднеазиатской черепахи с локальных участков строительства в сопредельные места обитания является наиболее приемлемым для сохранения перемещаемых особей.

4. Для Узбекистана данный подход апробирован впервые и показал хорошие результаты. Учитывая, что пустынные территории страны обладают наиболее высоким потенциалом для развития солнечной энергетики, описанный опыт является очень актуальным и предлагается к использованию при реализации последующих аналогичных проектов.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарности управляющему директору ООО «Tutli Solar» А.У. Сеитниязовой и специалисту по технике безопасности и охране труда Ф. Тухтаеву – за организационную и техническую поддержку в период исследований; директору ООО «Nazar Business and Technology» М.И. Халмирзаевой – за организацию логистики исследований, сотрудникам NBT В.В. Цой и Н.М. Моисееву – за активное участие в учетных работах; сотруднику Института ботаники АН РУз Н.Ю. Бешко – за помощь в оценке состояния растительности и кормовых ресурсов на территории исследований.

В работе также использованы подходы, разработанные в рамках фундаментальных научных исследований лаборатории позвоночных животных Института зоологии Академии наук Республики Узбекистан по теме «Инвентаризация и оценка современного состояния фауны наземных позвоночных животных и разработка научно-практических рекомендаций по ее устойчивому использованию».

## REFERENCES

**Bannikov A.P., Darevsky I.S., Ischenko V.G., Rustamov A.K. and Shcherbak N.N. 1977.** Guide to amphibians and reptiles of the fauna of the USSR. Moscow, 416 p. [In Russian].

**Bogdanov O.P. 1960.** The Fauna of the Uzbek SSR. Vol. 1. Amphibians and Reptiles. Tashkent, Publishing house of the Uzbek SSR Academy of Sciences, 260 p. [In Russian].

**Bondarenko D.A. 1994.** Spatial structure of the population of reptiles of the Karshi steppe and its changes under the influence of Economic Development. Abstract of dissertation on degree of candidate of biological sciences, Moscow, 20 p. [In Russian].

**Bondarenko D.A. 2001.** Results of a long term study on the distribution, taxonomy, and ecology of the Central Asian tortoise, *Agrionemys horsfieldii* (Gray, 1844) (Testudines, Testudinidae). *Proceedings of the Zoological Institute of Kazakhstan*, **1**(1): 37–70. [In Russian]. https://doi.org/10.54944/br164ci25

**Bondarenko D.A. 2022.** History of Central Asian tortoise *Agrionemys horsfieldii* (Testudinidae, Reptilia) harvesting in Uzbekistan, and its population impact. *Current Studies in Herpetology*, **22**(3–4): 95–104. https://doi.org/10.18500/1814-6090-2022-22-3-4-95-104

**Bondarenko D.A., Bozhansky A.T. and Peregontsev E.A. 2001.** Central Asian tortoise (*Agrionemys horsfieldi*): Current State in Uzbekistan. In: N.B. Ananjeva, I.S. Darevsky, E.A. Dunayev, N.N. Iordansky, S.L. Kuzmin and V.F. Orlova (Eds). The Problems of Herpetology. Proceedings of the 1st Meeting of the Nikolsky Herpetological Society. Pushchino – Moscow: MSU: 38–41. [In Russian].

**Bondarenko D.A., Ergashev U.Kh. and Nazhmudinov T.A. 2014.** The current state of populations of the Central Asian tortoise *Agrionemys horsfieldii* (Gray, 1844) in Southern Tajikistan. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists, Biological Series*, **119**(4): 19–29. [In Russian].

**Bondarenko D.A. and Peregontsev E.A. 2017.** Distribution of the Central Asian tortoise *Agrionemys horsfieldii* (Gray, 1844) in Uzbekistan (range, regional and landscape distribution, population density). *Current Studies of Herpetology*, **17**(3/4): 124–146. [In Russian]. https://doi.org/10.18500/1814-6090-2017-17-3-4-124-146

**Bondarenko D.A. and Duisebaeva T.N. 2012.** Central Asian tortoise, *Agrionemys horsfieldii* (Gray, 1844), in

Kazakhstan (Its Distribution, Habitat Division, and Population density). *Current Studies in Herpetology*, **12**(1–2): 3–26. [In Russian].

**Brushko Z.K. and Kubykin R.A. 1977.** Morphological features of the Central Asian tortoise in some populations of the Southern Balkhash region. *News of the Academy of Science of the Kazakh SSR, Biological Series*, **3**: 31–37. [In Russian].

**Bykova E.V., Sorochinskiy V.G., Golenkevich A.V., Peregontsev E.A., Sorochinskiy G.Ya. and Sorochinskaya I.N. 2008.** Hatching and caring of the Central Asian Tortoise (*Agrionemys horsfieldii*). Problems of herpetology, Proceedings of the Third Congress of the A.M. Nikolsky Herpetological Society, 2008: 64–67. [In Russian].

**Dinesman L.G. and Kaletskaya M.L. 1952.** Methods of quantitative counting of amphibians and reptiles. Methods of accounting and geographical distribution of terrestrial fauna. Nauka. Moscow: Nauka, 207 p. [In Russian].

**Fernandes J.L. and Kim S.R. 2019.** Environmental and Social Impact Assessment Report for Development of PV Plant in Tutly, Uzbekistan. NBT, Tashkent, 19 p.

**Karpenko V.P. 1967.** Reptiles. In: X.S. Salikhbaev (Ed.). Ecology, Measures of Conservation and Rational use of Vertebrate Animals of the Karshi Steppe.Fan, Tashkent: 129–151. [In Russian].

**Kashkarov R.D. 1997–2001.** Information materials on the state of populations of commercially important and hunting species of terrestrial vertebrates of arid regions of Uzbekistan. Reports of REO "Uzzsoocomplex", 10 p. [In Russian].

**Kashkarov R.D. and Mitropolskaya Yu.O. 2021.** Analysis of the impact of infrastructure and energy facilities on the state of desert biocenoses of Uzbekistan. Proceedings from the International Cold Winter Desert Conference. Central Asian Desert Initiative 2–3 December, Tashkent, Uzbekistan. Tashkent: 71–78.

**Koshkin M.A., Collarb N.J. and Dolman P.M. 2014.** Do sheep affect distribution and habitat of Asian Houbara *Chlamydotis macqueenii*. *Journal of Arid Environments*, **103**: 53–62. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.01.002

**Kubykin R.A. 1985.** The number of the Central Asian tortoise in some areas of the Chimkent region (Kazakhstan). Abstracts of VI All-Soyus Herpetological Conference "Problems of Herpetology". Nauka, Leningrad: 112–113. [in Russian].

**Mitropolskiy O. and Kashkarov R. 2000.** Information on size of the population of commercial and hunting species of land vertebral animals in the arid region of Uzbekistan: Ranching and breeding of Horsfield tortoises in Uzbekistan. Traffic Europe, Brussel: 24–33.

**Nazarova S.D., Bogdanova-Berezovskaya I.G. and Turdyev A.A. 1984.** Incubation of eggs of the Central Asian tortoise (*Testudo horsfieldi*) in laboratory conditions. *Uzbek Biological Journal*, **2**: 40–44. [In Russian].

**Nuridzhanov A.S., Vashetko E.V., Nuridzhanov D.A. and Abdurauupov T.V. 2016.** Central Asian tortoise (*Agrionemys horsfieldii* Gray, 1844) in Uzbekistan: distribution, abundance, conservation measures and sustainable use. *Tyumen State University Herald. Ecology and Natural Resource Management*, **2**(1): 132–140. [In Russian].https://doi.org/10.21684/2411-7927-2016-2-1-132-140

**Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No PP-4712 from 13 May 2020.** "On measures to implement the investment project "Construction of PV plant in Samarkand region with a capacity of 100 MW". [In Uzbek/Russian]. https://lex.uz/ru/docs/4811045 (accessed 20 March 2024)

**Ricotta C., Avena G. and De Palma A. 1999.** Mapping and monitoring net primary productivity with AVHRR NDVI time-series: statistical equivalence of cumulative vegetation indices. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **54**(5): 325–331. https://doi.org/10.1016/s0924-2716(99)00028-3

**Scherbak N.N. 1989.** Quantitative accounting. Guide to the study of amphibians and reptiles. 'Naukova Dumka', Kiev, 110 p. [In Russian].

**Shultz V.L. 1959.** Kashkadarya province. Vol. 1. Nature. Tashkent, 280 p. [In Russian].

**IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2023-2. https://www.iucnredlist.org/(accessed15March2024)

**Vashetko E.V. 2019.** Steppe Tortoise. *Testudo (Agrionemys) horsfieldii* Gray, 1844. In: D.A. Azimov (Ed.). Red Data Book of the Republic of Uzbekistan. Vol. 2. Animals. "Tasvir" publishing house, Tashkent: 130–131. [In Uzbek, Russian].

**Zakhidov T.Z. 1971.** Biocenoses of the Kyzylkum desert (experience of ecological-faunistic analysis and synthesis). Fan, Tashkent, 304 p. [In Russian].