

*Е.Ю.Сафаров, д.т.н., проф.*

*Национальный Университет Узбекистана*

*О.А.Ибрагимов*

*независимый исследователь*

*Национальный Университет Узбекистана*

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ПОДХОДЯЩИХ ПЛОЩАДЕЙ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ  
АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

*Аннотация.* Важным процессом является электронное цифровое картографирование альтернативных ресурсов и источников энергии на основе программного обеспечения, относящегося к семейству современных геоинформационных систем. В данной статье анализируются возможности использования карт при реализации проектов международного значения, а также в интерактивных услугах правительству, а также возможности картографирования альтернативных источников энергии, синтеза данных и выработки управленческих решений за счет развития инновационных технологий.

*Ключевые слова:* карта, цифровая карта, геоинформационные системы и технологии, пространственные данные, визуализация, ArcGIS.

*E.Yu.Safarov, Doctor of Technical Sciences, prof.*

*National University of Uzbekistan*

*O.A. Ibragimov*

*Independent researcher*

*National University of Uzbekistan*

**IMPROVING THE METHODOLOGY FOR DETERMINING SUITABLE  
AREAS FOR THE PLACEMENT OF ALTERNATIVE ENERGY  
FACILITIES**

*Annotation.* An important process is electronic digital mapping of alternative resources and energy sources based on software belonging to the family of

*modern geographic information systems. This article analyzes the possibilities of using maps in the implementation of projects of international importance, as well as in interactive services to the government, as well as the possibilities of mapping alternative energy sources, synthesizing data and developing management decisions through the development of innovative technologies.*

**Keywords:** *map, digital map, geoinformation systems and technologies, spatial data, visualization, ArcGIS.*

**Введение.** Целевые исследования, направленные на разработку эффективных методов сбора, хранения, оцифровки, анализа, обработки, регистрации, оценки и прогнозирования данных, моделирования и визуализации на основе пространственных данных с использованием современных геоинформационных методов и технологий картографирования альтернативных энергоресурсов в мире особого внимания выплывает. В связи с этим одной из важных задач является развитие современных технологий геоинформации, картографических методов, в том числе создание и обновление карт имеющихся в нашей стране альтернативных энергоресурсов.

Известно, что в будущем необходимо использовать источники энергии в обеспечении экологической, экономической, энергетической безопасности и развития энергетического сектора нашей страны. Безусловно, развитие возобновляемых и альтернативных источников энергии путем защиты окружающей среды при сохранении природных ресурсов имеет важное значение для жизни будущих поколений.

**Методология исследования.** В рамках целевого исследования были проведены крупномасштабные полевые и камеральные исследования для геоинформационной альтернативных энергетических ресурсов и карт ресурсов. Проанализированы разработанные методы картирования альтернативных энергоресурсов на основе направления ветра, скорости ветра на высоте 10-50 метров над поверхностью земли, температуры воздуха на поверхности земли и на высоте 2 метров над землей, а также

проанализированы этапы определения в современном программном обеспечении оптимальных (благоприятных) для установки солнечных батарей и ветрогенераторов. По результатам анализа разработаны предложения и рекомендации по выбору оптимальных площадей для строительства объектов альтернативной энергетики.

Для анализа альтернативных энергетических ресурсов и ресурсов в программном обеспечении, относящемся к семейству геоинформационных систем, автор сначала изучил географическое положение в общей сложности 80 действующих в стране гидрометеорологических станций (табл. 1).

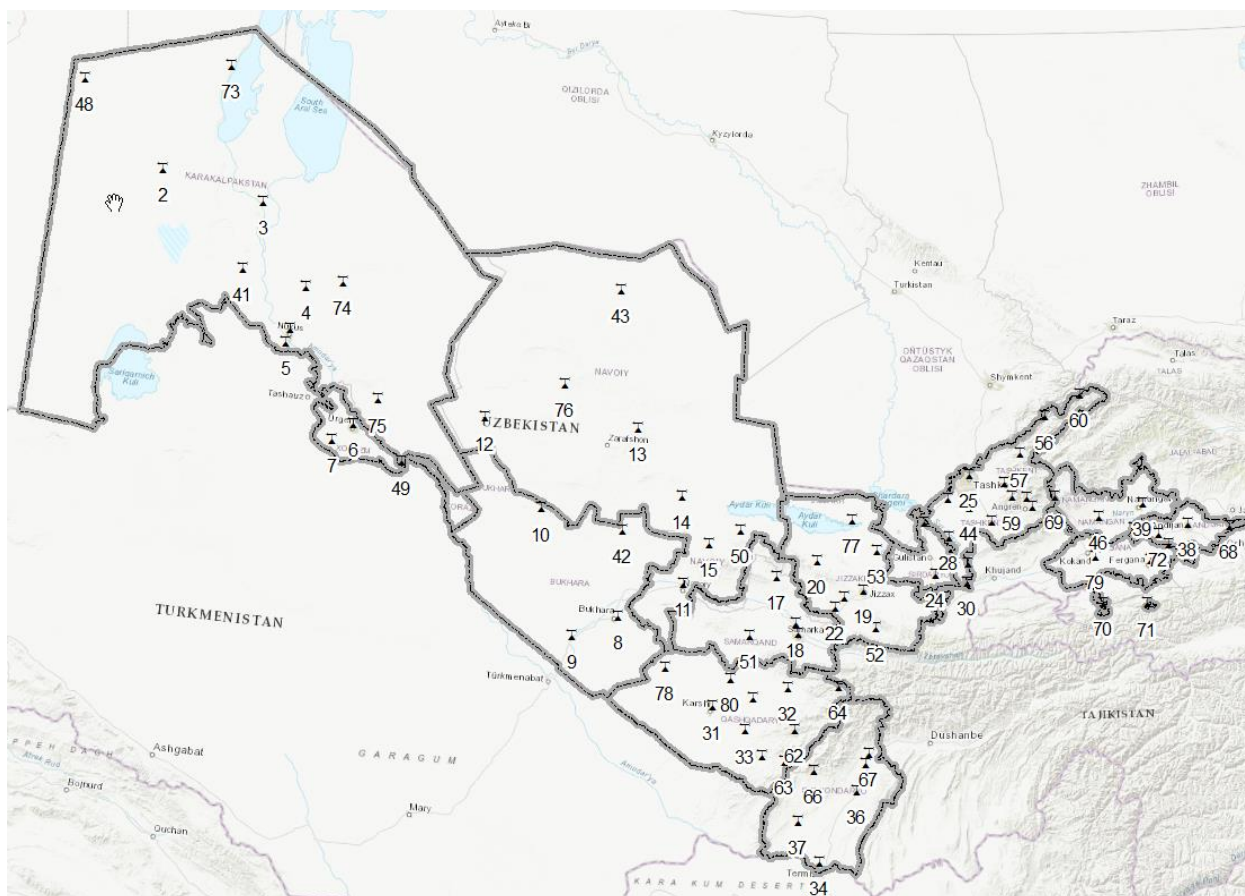
**1-таблица**

**Номенклатура действующих метеостанций в Республике Узбекистан**

№ п/п	Название	Широта	Долгота	№ п/п	Название	Широта	Долгота
1	Нукус	59,617	42,483	41	Кунград	58,839	43,052
2	Жаслык	57,508	43,972	42	Аякагитма	64,485	40,664
3	Муйнак	59,015	43,768	43	Акбайтал	64,281	43,175
4	Чимбай	59,770	42,935	44	Тюябугуз	69,304	40,992
5	Тахиаташ	59,568	42,336	45	Улугнар	71,583	40,75
6	Ургенч	60,633	41,567	46	Пап	71,107	40,874
7	Хива	60,353	41,379	47	Кува	72,067	40,567
8	Бухара	64,480	39,761	48	Каракалпакия	56,198	44,776
9	Каракуль	63,861	39,527	49	Тюямуюн	61,35	41,217
10	Джангельды	63,336	40,845	50	Сентоб-Нурата	66,117	40,717
11	Навои	65,35	40,133	51	Нурабад	66,292	39,613
12	Бузаубай	62,467	41,75	52	Бахмал	68,016	39,716
13	Тамды	64,626	41,744	53	Дустлик	68,019	40,534
14	Машикудук	65,283	41,05	54	Ангрен	70,183	41
15	Нурата	65,695	40,560	55	Сукок	69,797	41,247
16	Самарканд	66,95	39,65	56	Пскем	70,378	41,940
17	Кушрабад	66,644	40,234	57	Чимган	70,017	41,55
18	Дагбит	66,917	39,75	58	Дукант	70,103	41,092

19	Джизак	67,833	40,117	59	Башкызылсай	69,899	41,100
20	Янгикишлак	67,2	40,417	60	Ойгаинг	70,883	42,167
21	Галляарал	67,583	40,033	61	Дехканабад	66,5	38,35
22	Ляльмикор	67,45	39,933	62	Минчукур	66,933	38,633
23	Сырдарья	68,672	40,831	63	Акрабад	66,803	38,301
24	Янгиер	68,833	40,283	64	Куль	67,517	39,1
25	Ташкент	69,3	41,333	65	Чимкурган	66,365	38,957
26	Янгиюль	69	41,083	66	Байсун	67,209	38,215
27	Алмалык	69,609	40,845	67	Сарыасия	67,95	38,4
28	Кокарал	69,02	40,683	68	Кургантепа	72,914	40,731
29	Дальверзин	69,283	40,4	69	Камчик	70,5	41,1
30	Бекабад	69,266	40,2	70	Сарыканда	71,133	39,967
31	Карши	65,821	38,856	71	Шахимардан	71,75	39,95
32	Шахриябз	66,839	39,074	72	Боз	71,933	40,683
33	Гузар	66,267	38,617	73	Актумсук	58,3	45,133
34	Термез	67,298	37,247	74	Тахтакупыр	60,282	43,023
35	Денау	67,904	38,284	75	Бустон	60,940	41,843
36	Шурчи	67,777	38,003	76	Учкудук	63,555	42,156
37	Шерабад	67,014	37,676	77	Западный Арнасай	67,666	40,85
38	Андижан	72,338	40,778	78	Мубарек	65,15	39,25
39	Наманган	71,723	41,005	79	Коканд	71,053	40,458
40	Фергана	71,800	40,410	80	Пайшанба	66,05	39,15

Согласно таблице 1 объектами исследований являются 4 метрологические станции в Самаркандской области и 15 станций метрополитена в Ташкентской области, которые собирают и анализируют информацию о температуре воздуха, влажности, направлении и скорости ветра. На основе этой информации было сформировано географическое расположение метрологических станций в электронно-цифровом виде в программе ArcGIS (рис. 1).

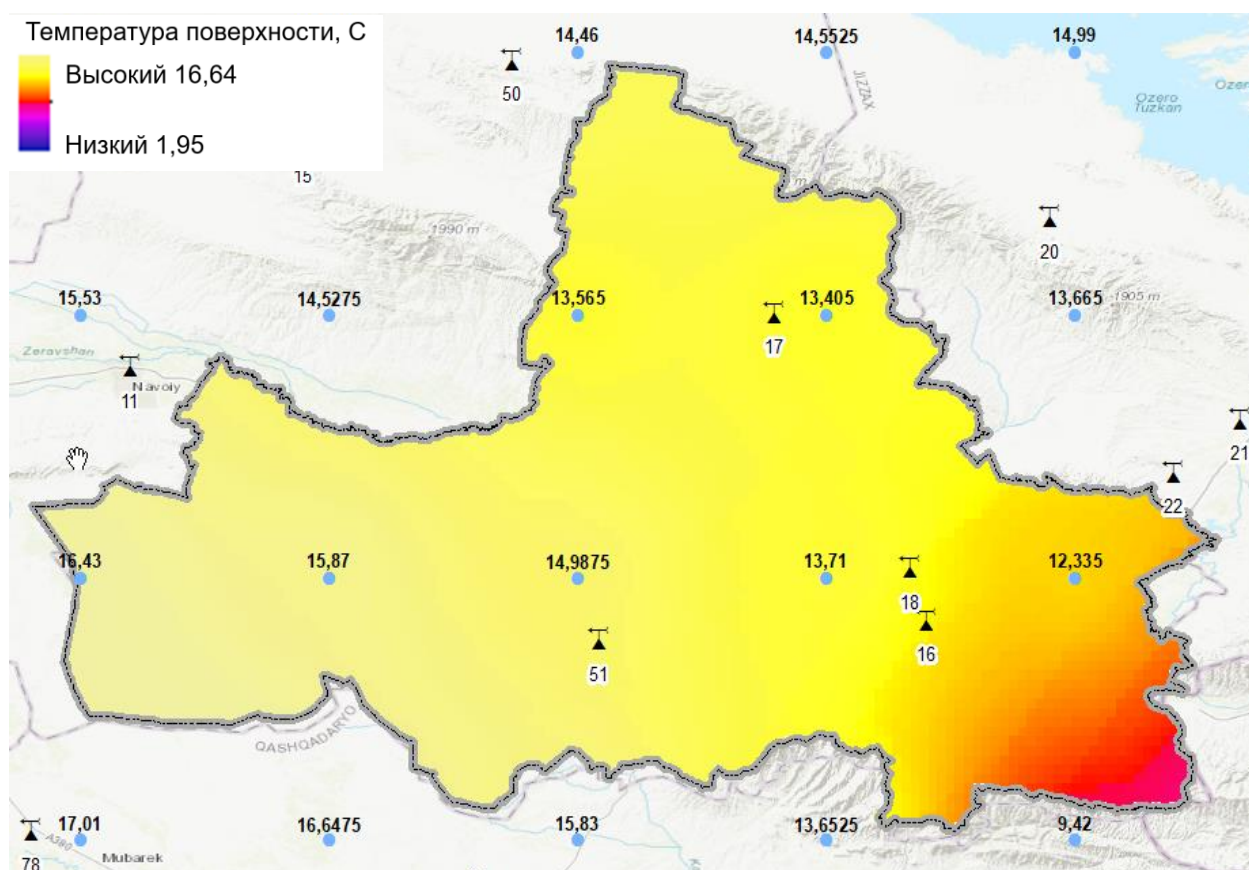


**Рисунок 1. Текущее расположение действующих метеостанций в Республике Узбекистан**

Таблицы атрибутов гидрометеостанций, сформированные в программе ArcGIS, включали и геовизуализированные данные, такие как температура поверхности, температура на высоте 2 м над землей, направление ветра, скорость ветра на высоте 10 м над землей и скорость ветра на высоте 50 м над землей.

Анализ. На основании данных, полученных в ходе полевых работ, проведен анализ весов показателей приземной температуры методом обратного взвешенных расстояния (ОВР-обратно взвешенных расстояний) путем интерполяции информации с помощью программы ArcGIS и геовизуализации температурных карт Самаркандской и Ташкентской областей (Рис. 2).





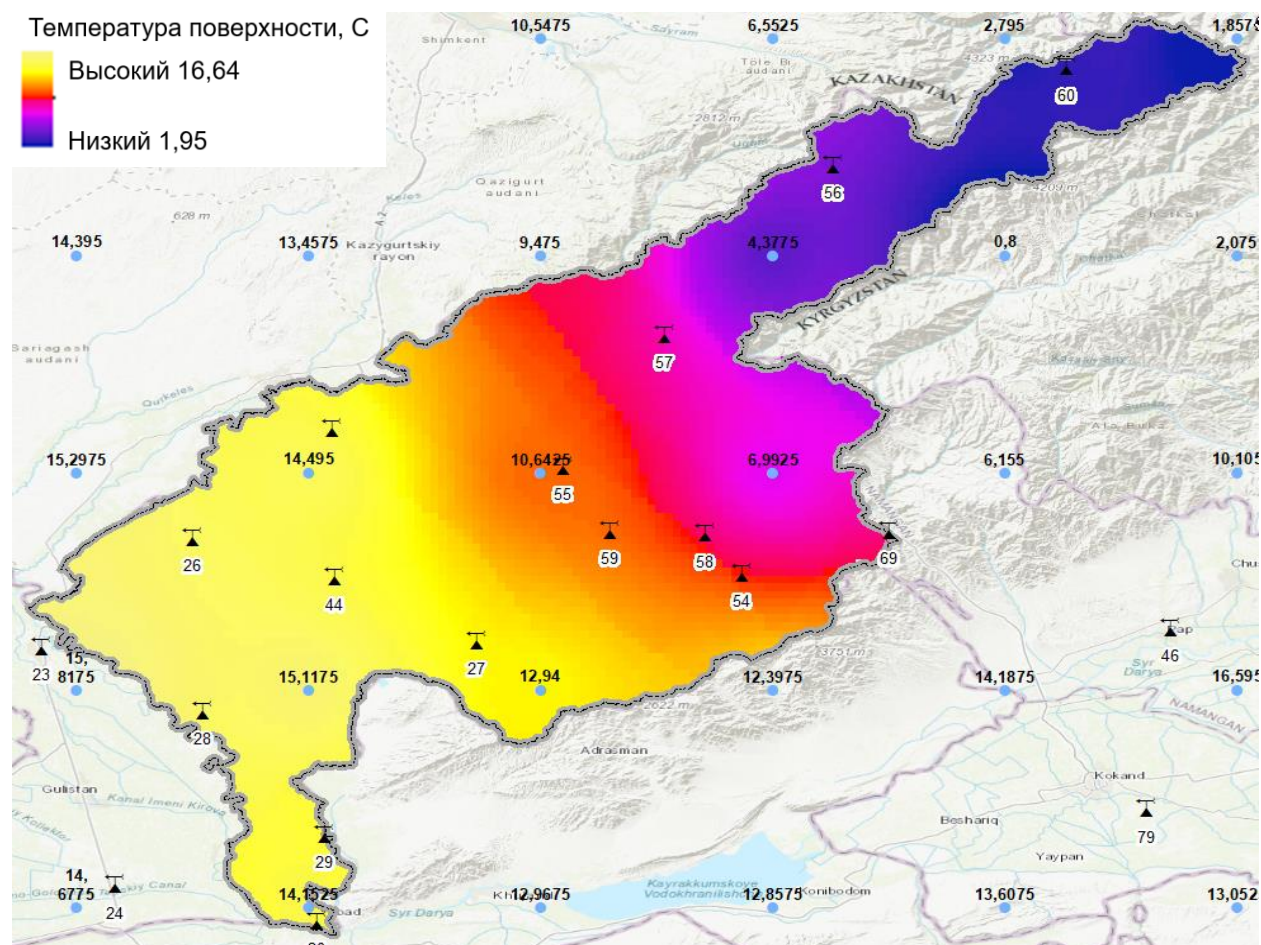
**Рисунок - 2. Карта приземной температуры Самаркандской области**

В ходе анализа также проанализирована температура на высоте 2 метра над землей, и создана картографическая основа для определения районов, где могут быть установлены солнечные батареи, путем создания электронной цифровой карты температуры воздуха в Самаркандской и Ташкентской областях.

В результате исследования было рекомендовано установить солнечные панели в районах Самаркандской области с запада на восток (Пахтачинский, Нарпайский, Нурабадский, Каттакурганский, Иштиханский, Кушрабадский, Акдарьинский и Пайарикский районы) в связи со среднегодовой температурой выше 13С°.

В Ташкентской области в юго-западной части области (Бекабадский, Букинский, Аккурганский, Пискентский, Куйчирчикский, Ортачирчикский, Чинозский, Янгиюльский и Зангиатинский районы)

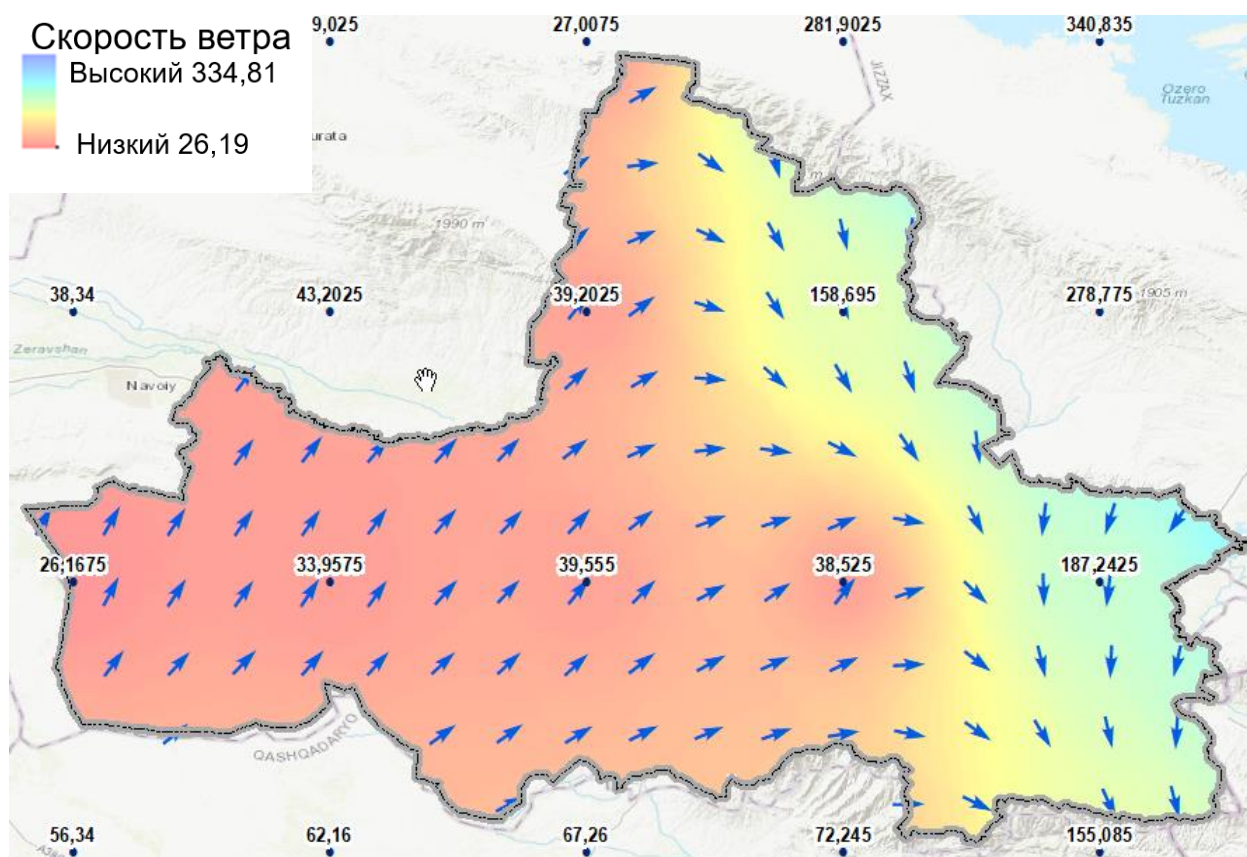
рекомендуется установка солнечных батарей в этих районах, так как среднегодовая температура выше 12 C° (Рис.3).



**Рисунок 3. Карта приземной температуры Ташкентской области.**

По результатам исследования удалось определить оптимальные (удобные) районы для установки солнечных панелей в любой части страны через автоматизированную геоинформационную систему и повысить эффективность. При этом объем полевых исследований сократился на 50%.

В целях усовершенствования системы определения оптимальных (удобных) площадей для установки ветрогенераторов с помощью программы ArcGIS был проведен анализ ОВР (ОВР-обратно взвешенных расстояний) на основе данных о направлениях ветра от независимых метеорологических метеорологических систем. станции выражены и нанесены на карту (Рис. 4).

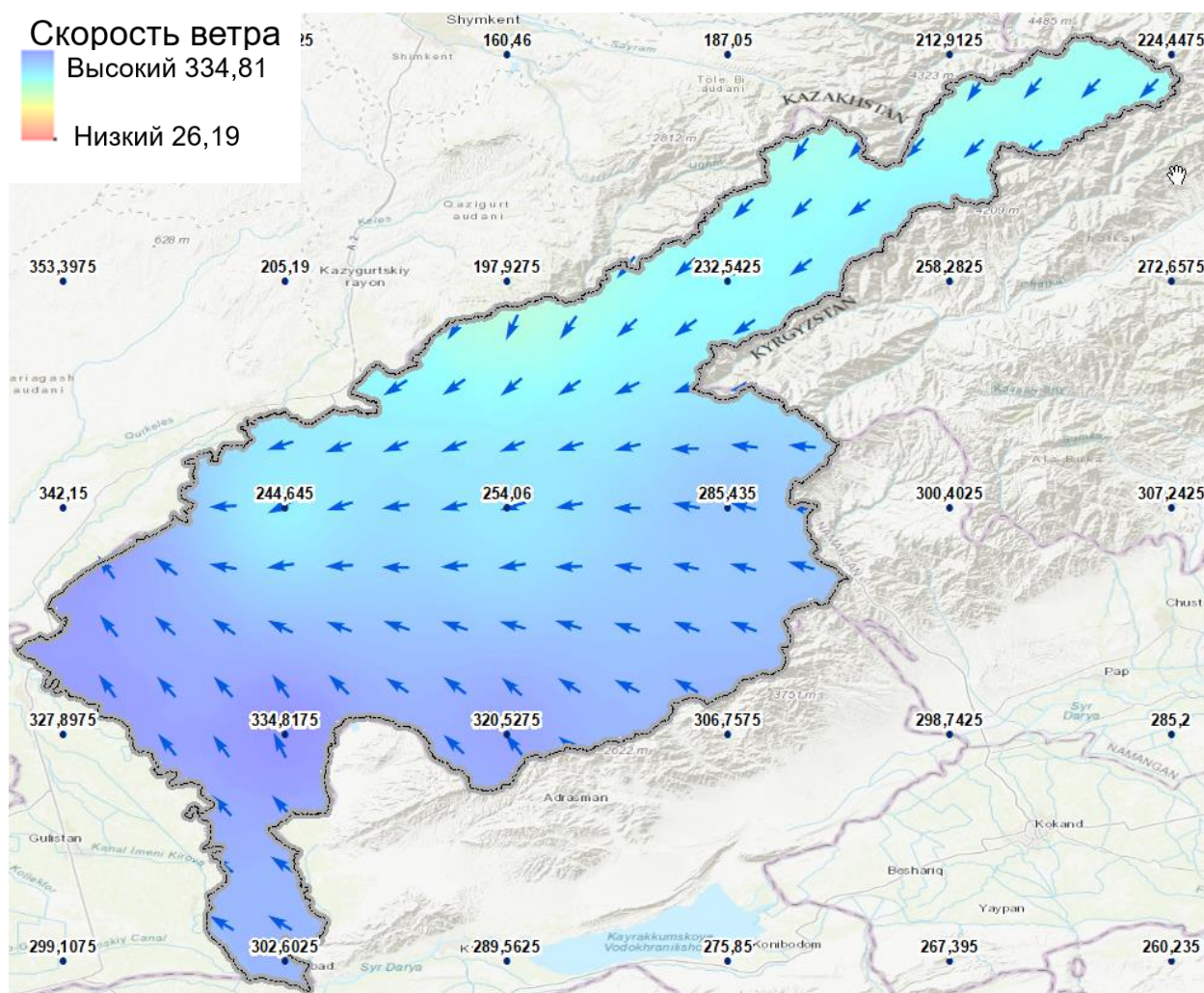


**Рис. 4. Карта направления ветра в Самаркандской области с помощью подвижных линейных знаков.**

Согласно проведенному анализу, в Пайарикском, Булунгурском, Джамбайском, Тайлакском и Ургутском районах Самаркандской области рекомендуется установка ветрогенераторов в вышеперечисленных районах, учитывая, что ветры дуют преимущественно с севера в круговом направлении и образуют путь ветра.

В Бостанлыкском, Ахангаронском, Пискентском, Бекабадском, Букинском, Ортачирчикском, Койичирчикском, Чинозском и Янгиюльском районах Ташкентской области рекомендуется установка ветрогенераторов в вышеперечисленных районах (Рис. 5).





**Рис. 5. Карта направления ветра в Ташкентской области с помощью движущихся линейных знаков.**

С целью повышения качества и оперативности исследований направлений ветра на основе данных метеорологических станций были изучены скорости ветра в Самаркандской и Ташкентской областях. Статистика скорости ветра была геовизуализирована на основе векторных слоев.

Анализ Самаркандской области показывает, что в связи с тем, что средняя скорость ветра в западной части области составляет более 4 м/с в год, целесообразно устанавливать и эксплуатировать ветрогенераторы в западной части Пахтачи, Нарпай. и Нурабадском районах.

По данным анализа Ташкентской области, в связи с тем, что средняя скорость ветра в южной части области выше 3 м/с в год, целесообразно

устанавливать и эксплуатировать ветрогенераторы в южной части Бекабада, Букинский, Пискентский и Ахангаронский районы.

Исследование проводилось при скорости ветра 10 метров над землей. Скорость ветра на высоте 50 метров над землей также анализировалась в виде векторного слоя в геоданных.

В целях дальнейшего повышения точности научных исследований по использованию альтернативных источников энергии исследование было проанализировано путем привязки его к местности. При учете рельефа местности проводились работы по отбору участков в исследуемом районе с абсолютной высотой над уровнем Балтийского моря и определению (подбору, выделению) наиболее оптимальных для установки ветрогенераторов и солнечных батарей методом калькулирования в программе ArcGIS применительно к зонам с высокой скоростью ветра и температурой воздуха.

В ходе исследования использовалась программа Global Mapper для определения и геовизуализации значений высот земной поверхности. С помощью программы Global Mapper через Интернет были загружены данные о поверхности Республики Узбекистан в формате «DT0». Граничные линии были четко проведены по данным, полученным территориальным подразделением, а точки отметки выставлены с помощью команды создания высоты.

Точечные векторные слои со значениями высоты были экспортированы в модуль формата «Shape» программного обеспечения ArcGIS. Экспортированные слои были загружены в программное обеспечение ArcGIS, и точки были генерализованы в соответствии с рабочим масштабом. Точечная генерализация считается необходимой для создания карт среднего масштаба. Рабочий масштаб научно-исследовательской работы заключается в создании электронных цифровых карт масштаба от 1:100 000 до 1:450 000.

Атрибут точки высоты учитывал, что абсолютные значения высоты каждой точки относительно уровня Балтийского моря автоматически занижаются при загрузке из программы Global Mapper. На основе этих высотных точек высота земли была геовизуализирована в виде полевого слоя путем интерполяции с помощью команды анализа ОВР (обратно взвешенных расстояний) в ArcGIS.

Всего в Самаркандской области создано 354 точки отметки, при этом отмечено, что уровень земли расположен по отношению к Балтийскому морю в диапазоне значений от 250 метров до 2298 метров.

Всего в Ташкентской области создано 335 отметочных точек, при этом отмечено, что уровень земли расположен по отношению к Балтийскому морю в диапазоне значений от 229 метров до 3797 метров.

**Полученные результаты.** Как только данные карты структурированы в векторной форме, они делятся на категории в соответствии с высотой. В программу была включена классификационная работа по высотному диапазону регионов. Для Самаркандской области получено 5 классов, т.е. от 250 метров до 2500 метров, а для Ташкентской области определено 5 классов от 200 метров до 4000 метров.

По результатам классификации разработан алгоритм с использованием программного обеспечения ArcGIS, а также даны предложения и рекомендации по выбору или определению наиболее оптимального места размещения солнечных батарей и ветрогенераторов (Табл. 2).

Таблица 2

**Алгоритм определения оптимального местоположения с помощью программы ArcGIS**

№ п/п	Степени приемлемости	Температура над поверхностью земли, °C	Скорость ветра, м/с	Высота над поверхностью земли, м
----------	-------------------------	---	---------------------------	--

Для Самаркандской области				
1	1 степень	13<	4,0<	2500<
2	2 степень	10-13	3,5-4,0	1500 -2500
3	3 степень	6-10	2,5-3,5	250 -1500
Для Ташкентской области				
1	1 степень	10<	3,5<	3000<
2	2 степень	5-10	2,5<3,5	2000 -3000
3	3 степень	1-5	1,5<2,5	200 -2000

Степени приемлемости были разделены на 4 типа, как показано в таблице 2. В соответствии с ним были разделены области с 1 степенью высокой приемлемости, области со 2 степенями средней приемлемости и области с 3 степенями низкой приемлемости. Районы уровня 4 охватывают горные районы с крутыми склонами.

В исследовании использовалось программное обеспечение ArcGIS, относящееся к семейству геоинформационных систем, отвечающее требованиям для решения стоящих перед нами задач. Выше, при создании электронных цифровых карт, разработанных во второй части первой главы исследовательской работы, картографирование, описывающее альтернативные энергоресурсы, выполнялось на основе структурированной структуры GISAE.

В частности, с учетом уровня приемлемости установки альтернативных источников энергии, результаты вышеуказанных работ были увязаны с разработанной в ходе исследования математической базой, т.е. путем размещения собранных результатов исследования в центральной базе данных с использованием геолокации. Затем с использованием картографических методов была построена карта территорий, подходящих для установки альтернативных источников энергии (Рис. 6 и 7).





позволило эффективно использовать цифровые карты, встроенные в предыдущие электронные версии.

В результате создание карт альтернативной энергетики регионов, создание баз альтернативной энергетики по разным темам, в том числе по регионам, вся их работа проводилась в современном программном обеспечении.

Одной из основных задач технологии геоинформационных систем было создание карт и планов, их обработка, формирование, объединение и визуализация баз данных.

На основе алгоритмического анализа программы ArcGIS были выявлены и внедрены в производственные организации наиболее оптимальные участки путем размещения их в высотных точках местности по отношению к ветрово-температурным показателям Самаркандской и Ташкентской областей.

**Выводы и предложения.** Важнейшим фактором развития альтернативной энергетики является перспективное размещение альтернативных энергоресурсов.

Технологии геоинформационной системы были использованы при размещении альтернативных источников энергии в удобном и наглядном виде. При размещении для удобного и наглядного анализа альтернативных источников энергии использовались технологии геоинформационных систем. На основе методологических и теоретических основ исследования разработана система серийных карт альтернативных энергоресурсов с использованием методов картографического, геоинформационного, математико-картографического моделирования, логического, статистического, сравнительного анализа, обработки данных - качественного и количественного анализа, методов графической интерполяции.

Результирующие данные исследования, собранные в центральной базе данных методом геолокации на математической основе, который был

разработан с учетом степени приемлемости при установке альтернативных источников энергии, были взаимосвязаны, и были составлены серийные карты регионов, которые были приемлемы для установки альтернативных источников энергии.

### **Использованная литература:**

1. Ibragimov O.A. Nigmatov A.N. The subject of modern cartography and its scientific research methodology: problems and solutions. EPRA International Journal of Environmental Economics, Commerce and Educational Management Journal DOI: 10.36713/epra0414 |ISI I.F Value: 0.815|SJIF Impact Factor (2020): 7.572.

2. Ковин Р.В., Н.Марков. Геоахборот тизимлари. М.:Томск 2008. 206 б.

3. Абдурахмонов С.Н. Инамов А. Давлат геодезия пунктларини рақамлаштириш ва объектларни мазкур пунктларга боғлаш // Ўзбекистон Республикаси “Ергеодезкадастр” давлат қўмитаси ахборотномаси. 2-сон. – Тошкент., 2013. - 14 б.

4. Зокиров Ш.Э. “Ўзбекистонда қайта тикланувчи энергетикани ривожлантириш масалалари” “UzBridge” электрон журнали 2 – сон октябрь, 2019 йил 34 – 46 б.

5. Муқобил энергия манбалари ва самарадорлиги. [www.uzbekenergo.uz](http://www.uzbekenergo.uz).

6. Официальный сайт Международного агентства по возобновляемой энергетике. [Электронный ресурс]. – 2014. Режим доступа: <http://globalatlas.irena.org>

7. Рудак М.С. “Ўзбекистоннинг шамол ва гелиоэнергетика ресурслари ва улардан фойдаланиш имкониятлари”//Ўзбекистон Республикаси шамол ва қуёш энергияси кадастри. – Т. САНИГМИ, 2003.– 148 б.

8. [http://conf.ict.nsc.ru/files/conferences/intercarto17/fulltext/83284/89180/доклад\\_ed.doc](http://conf.ict.nsc.ru/files/conferences/intercarto17/fulltext/83284/89180/доклад_ed.doc)

9. <http://www.nrel.gov/gis/about.html>.
10. [http:// www.cartografiya.com](http://www.cartografiya.com).
11. <http://www.maping.com>.
12. <https://daryo.uz/k/2019/> Elektr tarmoqlari obyektlarini muhofaza qilish qoidalari.