

УДК:528.94:912.43:528.932:528.952:004.94(470.345):004:004.9: 621.22:620.92

## **ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТ ВОЗМОЖНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА**

**Тесленок К. С., Фомин Н. М., Тесленок С. А.**

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», Саранск, Российская Федерация  
E-mail: nikita-fomin1998@rambler.ru, teslenok-sa@mail.ru*

Рассмотрены особенности начального этапа определения участков, потенциально пригодных для размещения малых гидроэлектростанций на территории Республики Мордовия. Исследования выполнены с использованием возможностей геоинформационных технологий, создания и анализа цифровой модели рельефа и полученных на ее основе производных карт и моделей.

**Ключевые слова:** геоинформационные технологии цифровое моделирование рельефа, цифровая модель рельефа, ЦМР, зеленая энергетика, гидроэлектростанции, ГЭС, Республика Мордовия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Вода считается самым древним источником энергии, и до момента изобретения ветряных мельниц была фактически единственным видом используемой человеком энергии. В настоящее время, на фоне истощения ресурсов традиционной углеводородной энергетики, а также постоянно ухудшающейся экологической обстановки на планете, использование так называемой «зеленой» (экологически чистой) энергии [1–3], включая энергию текущей или падающей воды, является рациональным решением.

В качестве исследуемого региона выступила территория Республики Мордовии, а объектом исследования послужили цифровые модели рельефа, как основа геоинформационно-картографического моделирования потенциальных мест размещения малых гидроэлектростанций. Исходя из этого, была определена цель работы — построение цифровых моделей рельефа (ЦМР) и осуществление их геоинформационно-картографического анализа для выявления потенциальных мест размещения малых гидроэлектростанций на территории Республики Мордовия.

В процессе исследования применялся комплекс разнообразных методов и методологических подходов — системного, общих принципов и общенаучных подходов (комплексного, интегрального, абстрактного), общенаучных и специальных (математического, статистического, графического), базовых геоинформационных методов и ГИС-технологий, цифрового моделирования рельефа.

### **ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

Естественные и искусственные гидрографические объекты, являющиеся важными элементами любого географического ландшафта, представлены в Республике Мордовия реками, ручьями, озерами, прудами и водохранилищами,

## ВЫЯВЛЕНИЕ МЕСТ ВОЗМОЖНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ НА ОСНОВЕ ...

относящимися к речному бассейну Волги, болотами, осушительными каналами, родниками, колодцами. Восточная часть территории Мордовии располагается на западных склонах Приволжской возвышенности, постепенно переходящей на западе в Окско-Донскую низменность, и эта особенность рельефа определяет специфику ее речной сети: она более развита именно в восточной части республики со сложным пересеченным рельефом [4]. При среднем показателе густоты речной сети в 0,4 км/ км<sup>2</sup> разброс ее величины колеблется в пределах от 0,62 и 0,57 км/ км<sup>2</sup> (бассейны Инсара и Алатыря) до 0,35 км/км<sup>2</sup> (бассейн Мокши) [5]. Общее число водотоков в пределах республики составляет около 1 520, с суммарной протяженностью 9 250 км [5].

Согласно результатам геоинформационно-картографического анализа [4], бассейны двух крупнейших рек Мордовии — Мокши (правый приток Оки) и Суры (правый приток Волги), занимают, соответственно, 54,1 и 45,9% ее территории или 14 156 и 12 009 км<sup>2</sup> в абсолютных значениях. Еще одной крупной рекой, протекающими по территории республики, является Алатырь (левый приток Суры).

Но основная доля (1 320 рек или 87% общего числа; 4 903 км или 44% всей длины) [5]. приходится на самые малые реки. Для рек региона свойственно медленное течение с небольшими показателями падения: от 0,10 до 0,90 м/км [6], средневзвешенные уклоны изменяется от 2,6–2,7% для больших рек до 10–17% — для малых [5].

При этом наибольший интерес для энергетики представляют именно малые реки, имеющие наибольшие уклоны, а среди них те, площадь водосбора которых превышает 800 км<sup>2</sup>, так как большая часть рек с меньшей водосборной площадью в летнее время может пересыхает, а зимой — перемерзает [5]. На рис. 1 показаны основные реки Республики Мордовия и в их числе изображена их большая часть с названиями, включая притоки главных рек.

По оценкам гидроэнергетиков, проводивших расчеты в 50-х годах прошлого века, максимальные среднегодовые мощности имеют две реки Мордовии: Сура — 23,3 тыс. кВт, на которую приходится около 30% всех запасов гидроэнергии республики, и Мокша — 19,8 тыс. кВт (около 25%). Из прочих только Алатырь обладает средней годовой мощностью свыше 10 тыс. кВт. Среднегодовую мощность более 1 тыс. кВт имеют 9 рек: Штырма, Чеберчинка, Инсар, Нуя, Исса, Сивинь, Сатис, Вад и Парца [6, 7]. Названия всех этих рек выделены на карте (см. рис. 1) полужирным шрифтом.

Опыт эксплуатации малых гидравлических электростанций (гидроэлектростанций, ГЭС), имевших важное значение в формировании и развитии хозяйственного комплекса республики известен с середины до конца 70-х годов прошлого века. Причем, если количество колхозных и межколхозных гидравлических электростанций (26) незначительно превышало число тепловых (23), то их мощность (923 кВт) была в 1,65 раза больше (559 кВт) [5].

Анализ имеющихся данных о показателях работы десяти колхозных и межколхозных электростанций Мордовии за 1951 г. [5] показал, что их суммарная мощность достигала 376 кВт при средней 37,6 с колебаниями от 10 (Огаревская, Пянгилейская) до 70 (Старосиндровская) кВт.

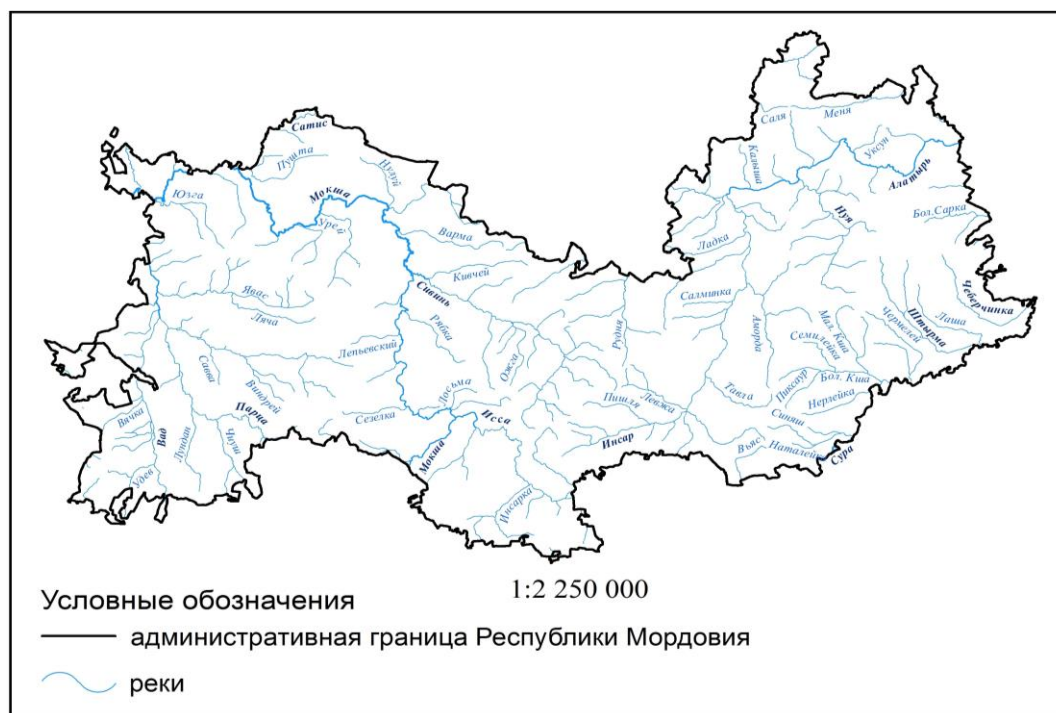


Рис. 1. Основные реки Республики Мордовия.

Количество выработанной каждой ГЭС электроэнергии также изменялось в очень широких пределах — от 900 (Пянгийская) до 92 000 (Сатисская) кВт•ч [5] (при среднем показателе 44 765,6), суммарно составляя 447 656 кВт•ч.

ГЭС выгоднее всего строить либо на горных реках с большими уклонами, так как энергия падения воды больше, либо на крупных равнинных реках, потому что расходы воды очень большие. Главными природными факторами, определяющими эффективность работы ГЭС, являются наличие соответствующего уклона на месте расположения электростанции и многоводность реки.

Что касается влияния гидроэлектростанций на экологическую обстановку, то, несмотря на всю их экологичность, в сравнении со станциями, использующими традиционные невозобновляемые источники энергии, они все же оказывают определенное негативное влияние на окружающую среду. Даже при минимальном воздействии и отсутствии затопляемых водохранилищами площадей, во время строительства и в начальный период эксплуатации ГЭС, в результате разрушения почв и грунтов на стройплощадках и подъездных путях, усиления эрозионных процессов при разрушении береговой линии (абразии) и переработке берегов может происходить загрязнение рек взвешенными веществами, нефтепродуктами, тяжелыми металлами, а также смыв самых различных отходов.

**ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА И ПРОИЗВОДНЫХ КАРТ**

Поскольку одним из главных ландшафтных факторов размещения и последующей эффективной работы ГЭС является наличие соответствующего уклона, на этом этапе исследований было выполнено создание ЦМР и производных моделей и карт [8, 9], главной из которых стала модель углов наклона (крутизны склонов). В качестве основных исходных данных для построения ЦМР выступал точечный слой рельефа на территорию Республики Мордовия и прилегающих регионов масштаба 1:200 000 [10–12]. На рис. 2 представлены полученные итоговые цифровые модели рельефа и углов наклона.

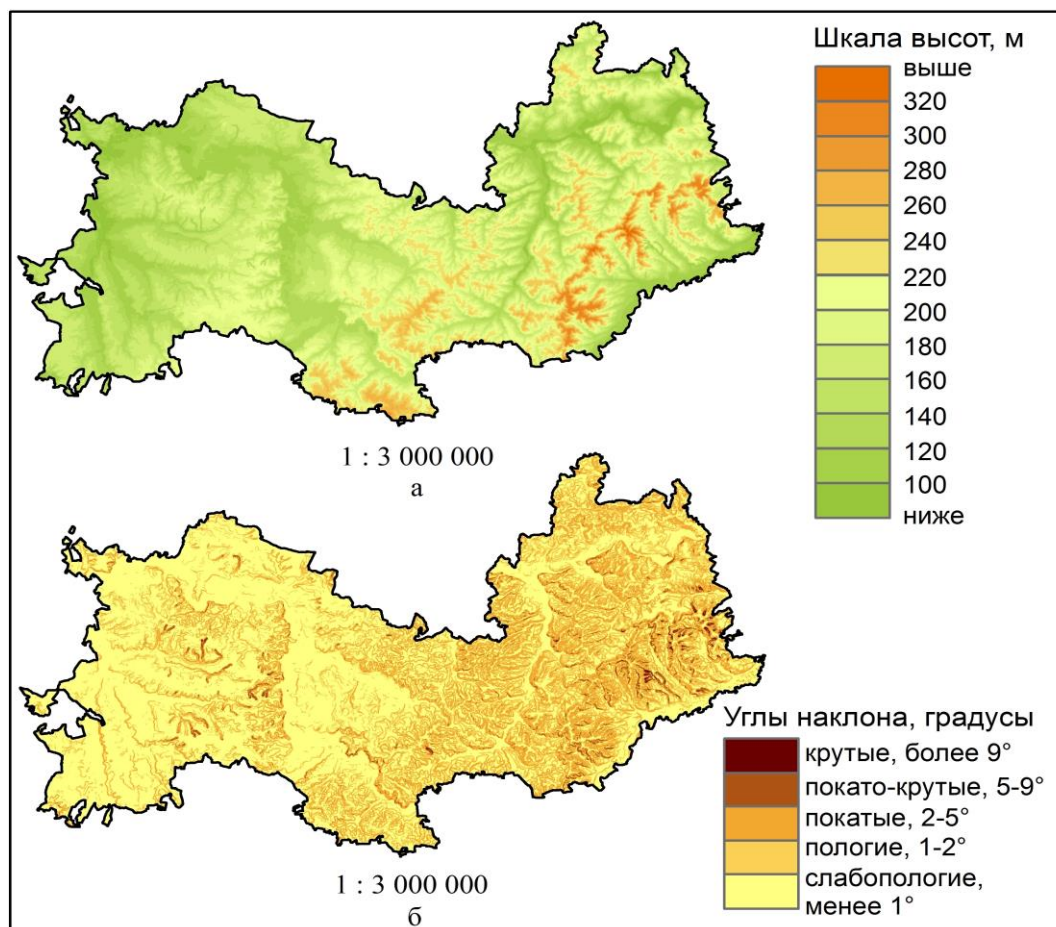


Рис. 2. Цифровые модели рельефа (а) и углов наклона (б).

Шкала высот ЦМР составлена в присущих для гипсометрических карт цветах: до 200 м (низменности) — от темно-зеленого цвета к более светлому и от 200 м и выше (возвышенности) — с постепенным переходом к темно-оранжевому оттенку

[12]. В качестве классификации углов наклона по крутизне использовалась классификация И. Д. Брауде [13].

### **ВЫЯВЛЕНИЕ МЕСТ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТОРОСТАНЦИЙ**

Далее с использованием возможностей ГИС ArcGIS [9] на основе оверлейных операций, с помощью инструментов «Переклассификация» (ArcToolBox — «Инструменты Spatial Analyst» — «Переклассификация») и «Конвертация» (ArcToolBox — «Конвертация» — «Из растра» — «Растр в полигоны») отбирались участки с благоприятными для размещения ГЭС показателями значений уклонов.

С повышением этого значения увеличивается и скорость течения воды в реке. Поэтому в качестве благоприятных для размещения ГЭС участков были выбраны имеющие максимальные значения углов наклона — покато-крутые (5–9°) и крутые (более 9°). Результат оверлейных операций представлен на рис. 3. Методика создания подобных карт с помощью данных операций хорошо апробирована в ряде предшествующих работ [10–12, 14, 15].

Затем на основе проделанной работы была составлена оценочная карта пригодности территории Мордовии для размещения ГЭС с указанием мест возможного размещения малых гидроэлектростанций, полученных на основе анализа ЦМР (рис. 4).

### **ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА**

Выполненный геоинформационно-критографический анализ полученных материалов показал, что большинство из 25 водотоков, а так же их отдельных участков, в наибольшей степени подходящих для строительства ГЭС, расположено в восточной части республики, в пределах территории Приволжской возвышенности с максимальными значениями уклонов (см. рис. 2–4).

Максимальное количество таких рек (19) приурочено к восточному склону Сурско-Инсарского и Сурско-Алатырского водоразделов. Это реки Кондарша, Сухая Аморда, Желобовка, Аморда, Тавла, Наталейка, Синяш, Саксаурка, Пиксаур, Нерлейка, Семилейка, Малая Кша, Нирлейка, Ташага, Чермелей, Штырма, Ломатка, Тразовка, Чеберчинка (см. рис. 4).

В центральной части республики они практически отсутствуют, за исключением р. Картлей (см. рис. 4).

В западной части Мордовии наиболее пригодными с точки зрения величины уклонов признаны пять водотоков — руч. Лепьевский, реки Явас, Ляча, Шуструй, Виндрей (см. рис. 4).

На основе полученной карты была составлена табл. 1, показывающая количество рек, имеющих благоприятные для размещения ГЭС значения уклонов, так же дано указание административной принадлежности соответствующих участков.

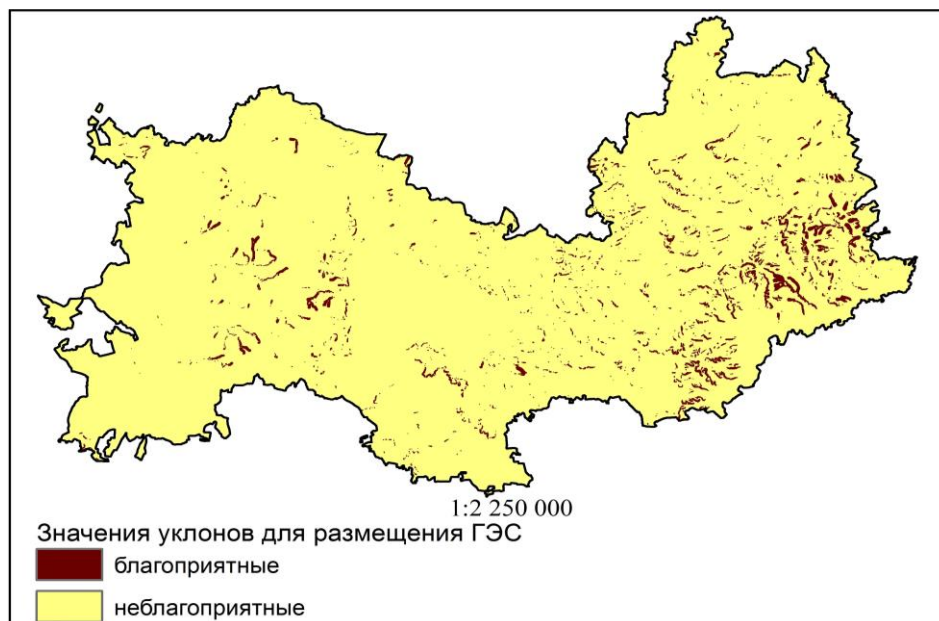


Рис. 3. Результат проделанных оверлейных операций.

В административном отношении наибольшее число рек, потенциально пригодных для размещения малых ГЭС, протекают в пределах Большеберезниковского (6), Кочкуровского (4), Атяшевского, Чамзинского (по 3) районов. На территориях Атюрьевского и Дубенского районов по две таких реки, городского округа Саранск, Ичалковского, Ковылкинского, Краснослободского, Ромодановского, Рузаевского и Торбеевского районов — по одной.

В 10 из 23 административных единиц Мордовии (Ардатовский, Большеигнатовский, Ельниковский, Zubovo-Полянский, Инсарский, Кадошкинский, Лямбирский, Старошайговский, Темниковский, Теньгушевский) реки, соответствующие заданным условиям отсутствуют.

Таким образом, более половины административных единиц республики (12), на территории которых протекают данные реки, располагают участками, потенциально пригодными для строительства малых ГЭС.

При этом наиболее подходящим является Большеберезниковский район, в пределах которого результаты геоинформационно-картографического анализа позволили выявить как минимум шесть таких рек.

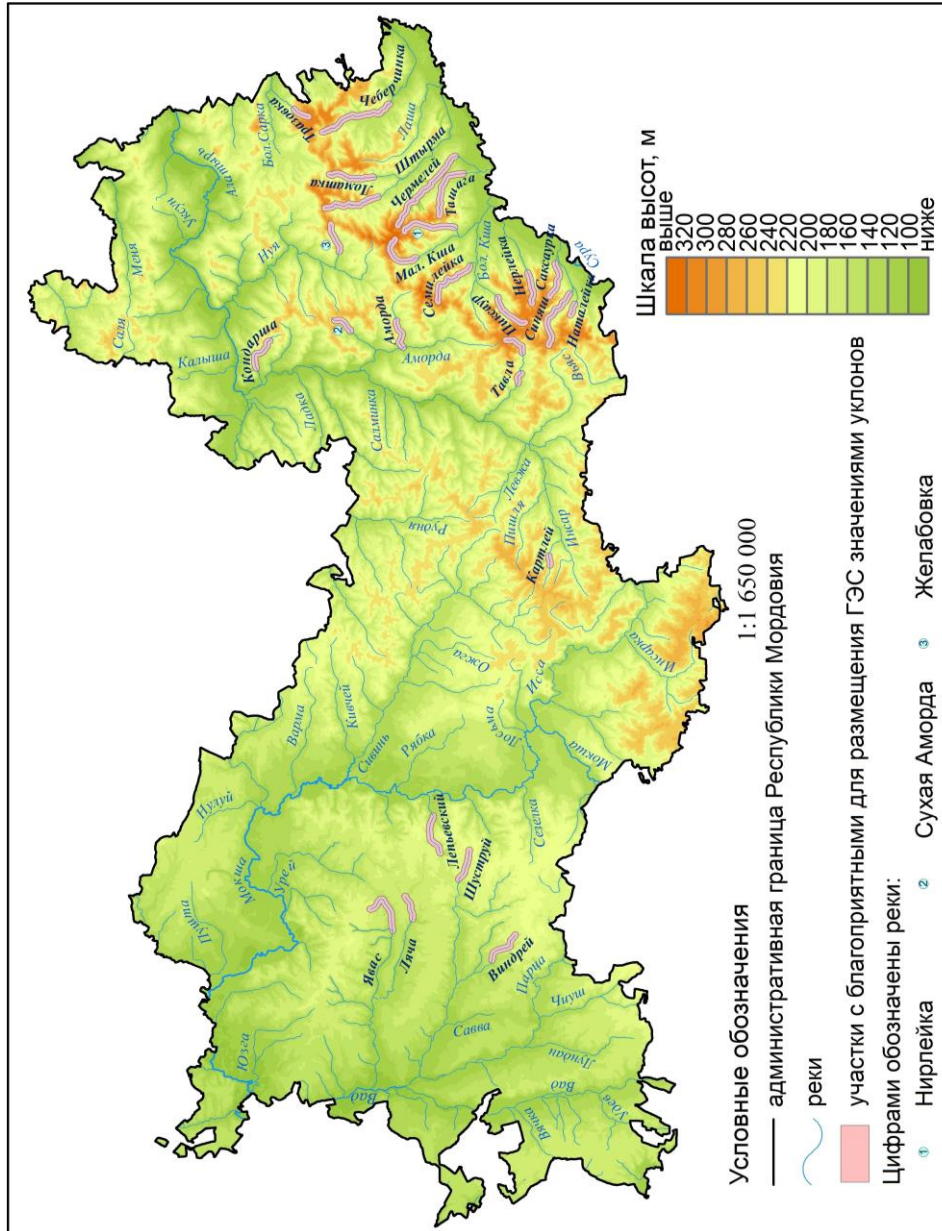


Рис. 4. Места возможного размещения малых гидроэлектростанций, полученные на основе анализа ПМР.

**ВЫЯВЛЕНИЕ МЕСТ ВОЗМОЖНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ МАЛЫХ  
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ НА ОСНОВЕ ...**

Таблица 1.

Места возможного размещения ГЭС по результатам комплексного ГИС-анализа

<b>Муниципальный район</b>	<b>Водотоки, наиболее подходящие для строительства малых ГЭС</b>
Ардатовский	-
Атюрьевский	Ляча, Явас
Атяшевский	Желобовка, Тразовка, Штырма
Большеберезниковский	Нирлейка, Нерлейка, Пиксаур, Семилейка, Ташага, Чермелей
Большеигнатовский	-
г.о. Саранск	Тавла
Дубенский	Ломатка, Чеберчинка
Ельниковский	-
Зубово-Полянский	-
Инсарский	-
Ичалковский	Кондарша
Кадошкинский	-
Ковылкинский	Шуструй
Кочкуровский	Наталейка, Саксаурка, Синяш, Тавла
Краснослободский	руч. Лепьевский
Лямбирский	-
Ромодановский	Сухая Аморда
Рузаевский	Картлей
Старошайговский	-
Темниковский	-
Теньгушевский	-
Торбеевский	Виндрей
Чамзинский	Аморда, Малая Кша, Семилейка
<b>Итого водотоков по республике</b>	<b>25</b>

Электроэнергия, полученная после строительства в указанных районах и выявленных местах размещения малых ГЭС, могла бы использоваться не только в близлежащих населенных пунктах и административных центрах районов — селах Атюрьево, Бол. Березники, Дубенки, Кочкурово, рабочих поселках Атяшево, Кемля, Торбеево, Чамзинка, но и в соседних, не обладающих соответствующими условиями муниципальных районах — Ардатовском, Большеигнатовском, Ельниковском, Зубово-Полянском, Инсарском, Кадошкинском, Лямбирском, Старошайговском, Темниковском, Теньгушевском.

**ВЫВОДЫ**

Полученные на основе комплексного ГИС-анализа ЦМР [11, 12]



геоинформационно-картографические материалы могут найти широкое применение в последующем развитии зеленой электроэнергетики Республики Мордовия. Их можно использовать при начальном этапе исследования особенностей размещения малых гидроэлектростанций на территории исследуемого региона.

Кроме главного преимущества всех возобновляемых источников энергии — их экологичности [1–3], важным моментом, применительно к малым ГЭС, является то, что их строительство не вызывает затопления прилегающих территорий, и даже при возможных авариях и разрушениях их плотин последствия будут не столь значительны, как на ГЭС, расположенных на крупных реках.

Как показывает мировая статистика, доля зеленой энергии, в которую входит и гидроэнергетика, постоянно увеличивается [1–3]. Доля гидроэнергетики из всех используемых возобновляемых источников энергии в мире составляет около 90%. Поэтому данное исследование имеет очень важное значение, как для энергетики исследуемого региона, так и для геоэкологии в целом.

Если рассматривать данную тематику применительно к территории Республики Крым и г. Севастополя, можно сказать, что развитие зеленой энергетики здесь более чем возможно и очень перспективно (тем более, учитывая необходимость сохранения благополучной геоэкологической ситуации в условиях такого крупного курортно-рекреационного региона), но наиболее подходящей для использования здесь является энергия ветра и солнца и, соответственно, строительство и эксплуатация ветровых и гелиоэлектростанций. Учитывая специфику природы региона — наличие Крымских гор и равнинных территорий со сложным пересеченным рельефом и, соответственно, большие уклоны поверхности, строительство малых ГЭС так же имеет смысл, но поскольку реки региона маловодны (особенно в степных равнинных районах), вопрос широкого использования энергии воды на Крымском полуострове остается спорным, кроме того возможны сложности при строительстве и эксплуатации данных объектов в условиях горного рельефа и высокой сейсмичности территории.

Необходимо отметить, что строительство малых ГЭС с использованием современных материалов и технологий и возможное последующее использование получаемой при этом энергии ориентировано, в первую очередь, на сельскую местность и может считаться одним из важных направлений инновационного развития и диффузии инноваций в сельском хозяйстве, способствуя, в конечном счете, снижению доли привнесенной извне в природно-социально-производственных геоисystems антропогенной энергии и их более устойчивому экологическому, социальному и экономическому развитию.

*Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект № 19-05-00066)*

#### Список литературы

1. Дырдазова А. С., Любимова М. М. «Зеленая энергетика»: понятие, виды, современное состояние и тенденции развития // Молодежный научный вестник. 2018. № 8 (33). С. 47–52.
2. Пуртова Е. Е., Ермолаева Ю. В. Перспективы использования зеленой энергетики на территории РФ: SWOT-анализ // Успехи химии и химической технологии. 2017. Т. 31. № 2 (183). С. 14–16.

## ВЫЯВЛЕНИЕ МЕСТ ВОЗМОЖНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ НА ОСНОВЕ ...

3. Лебедев Ю. В., Лебедева Т. А. Зеленая энергетика: состояние и ожидания // Российские регионы в фокусе перемен: сб. докл. XII Междунар. конф. Екатеринбург: ООО «Издательство УМЦ УПИ», 2018. С. 367–374.
4. Замкина И. А., Тесленок С. А., Тесленок К. С. Оценка результатов геоинформационно-картометрического анализа лесной площади Республики Мордовия. Мат-лы Междунар. конф. «ИнтерКарто. ИнтерГИС». 2018. № 24 (1). С. 394–404.
5. Водные ресурсы Республики Мордовия и геоэкологические проблемы их освоения / А. А. Ямашкин, В. Н. Сафонов, А. М. Шутов и др. Саранск, 1999. 188 с.
6. Ямашкин А. А. Геоэкологический анализ процесса хозяйственного освоения ландшафтов Мордовии. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. 230 с.
7. Все о Мордовии: Энцикл. справ. / Голубчик Е.М. и др. Саранск: Морд. кн. изд-во, 1997. 713 с.
8. Кузьмин С. Б., Данько Л. В., Черкашин Е. А., Осипов Э. Ю. Цифровые модели рельефа: методика построения и возможности использования при геоморфологическом анализе // Геоморфология. 2007. № 4. С. 33–41. DOI: 10.15356/0435-4281-2007-4-33-41.
9. Кашавцева А. Ю., Шипулин В. Д. Моделирование речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3 // Ученые записки Таврического нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Серия «География». 2011. Т. 24 (63). № 3. С. 85–92.
10. Тесленок С. А., Тесленок К. С., Ютяева Д. Н., Васильковская Е. А. Методика создания и современное состояние цифровой карты рельефа Республики Мордовия // География та туризм. 2014. Вип. 27. С. 251–258.
11. Тесленок С. А., Мынов А. А., Тесленок К. С. Геоинформационные технологии в определении перспективных районов размещения горнолыжных центров и комплексов в Республике Мордовия // Геоинформационное картографирование в регионах России: мат-лы IX Всерос. научно-практич. конф. (Воронеж, 5 дек. 2017 г.). Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017. С. 69–76.
12. Тесленок С. А., Манухов В. Ф., Тесленок К. С. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия // Геодезия и картография. 2019. Т. 80. № 7. С. 30–38. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-949-7-30-38.
13. Брауде Д. И. Эрозия почв, засуха и борьба с ними в ЦЧО. М.: Наука, 1965. 140 с.
14. Тесленок К. С., Тесленок С. А., Фомин Н. М. Возможности использования ГИС-технологий для выявления потенциальных участков развития водной эрозии в производственно-хозяйственных системах // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем: сб. науч. тр. Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. С. 164–166.
15. Фомин Н. М., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Создание карты потенциальных мест развития эрозии почв в природно-социально-производственных системах // Структура, динамика и функционирование природно-социально-производственных систем: наука и практика. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2019. С. 136–144.

### IDENTIFICATION OF PLACES OF POSSIBLE ACCOMMODATION SMALL HYDRO POWER STATION IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA BASED ON DIGITAL RELIEF MODELS

**Teslenok K. S., Fomin N. M., Teslenok S. A.**

*National Research Mordovian State University named after N. P. Ogareva", Saransk, Russian Federation  
E-mail: nikita-fomin1998@rambler.ru, teslenok-sa@mail.ru*

The identification of areas for possible placement was carried out using the capabilities of geoinformation technologies, based on the creation and analysis of a digital elevation model and the resulting derived maps and models.

Since one of the main natural factors that determine the possibility of placing and the subsequent efficiency of the operation of a hydroelectric power station is the presence of

an appropriate slope at its location, using a point relief layer on the territory of the Republic of Mordovia and adjacent regions at a scale of 1: 200,000, digital models of the relief and tilt angles. As a classification of the slope angles by steepness, we used the classification of I. D. Braude.

Further, on the basis of overlay operations in GIS ArcGIS, using the tools "Reclassification" and "Conversion", areas with favorable maximum values of slope (sloping-steep (5–9°) and steep (more than 9°) slope)). As a result, a corresponding assessment map of the suitability of the territory of Mordovia for the location of hydroelectric power plants was obtained. The rivers flowing in these areas were identified and the features of their geographical position and administrative affiliation were identified.

The analysis of the obtained materials showed that most of the 25 rivers, as well as their individual sections, which are most suitable for the construction of hydroelectric power plants, are located in the eastern part of the republic, within the territory of the Volga Upland with the maximum values of the slopes.

The maximum number of such rivers (19) is confined to the eastern slope of the Sursko-Insarsky and Sursko-Alatyrsky watersheds. These are the rivers Kondarsha, Suhaya Amorda, Zhelobovka, Amorda, Tavla, Nataleyka, Sinyash, Saksaurka, Piksaur, Nerleika, Semileyka, Malaya Ksha, Nirleika, Tashaga, Chermeli, Shtyrma, Lomatka, Trazovka, Cheberchinka.

In the central part of the republic, they are practically absent (with the exception of the Kartley River).

In the western part of Mordovia, 5 watercourses are recognized as the most suitable from the point of view of the slope size — stream Lepievsky, rivers Yavas, Lyacha, Shustrui, Vindrey.

Administratively, the largest number of rivers potentially suitable for the placement of small hydroelectric power plants flow within the Bolshebereznykovsky (7), Kochkurovsky (4), Atyashevsky, Chamzinsky (3) districts. On the territories of the Atyuryevsky and Dubensky districts there are two such rivers, the urban district of Saransk, Ichalkovsky, Kovylninsky, Krasnoslobodsky, Romodanovsky, Ruzaevsky and Torbeyevesky districts — one each. In 10 out of 23 administrative units of Mordovia (Ardatovsky, Bolsheignatovsky, Elnikovsky, Zubovo-Polyansky, Insarsky, Kadoshkinsky, Lyambirsky, Staroshaigovsky, Temnikovsky, Tengushevsky) rivers corresponding to the given conditions are absent.

Geoinformation and cartographic materials obtained on the basis of a comprehensive GIS analysis of DEM can be widely used in the subsequent development of green energy in the Republic of Mordovia. From it can be used at the initial stage of the study of the features of the placement of small hydroelectric power plants on the territory of the studied region. In addition to the main advantage of all renewable energy sources — their environmental friendliness, an important point in relation to small hydroelectric power plants is that their construction does not cause flooding of the adjacent territories, and even in case of possible accidents and destruction of their dams, the consequences will not be as

significant as at hydroelectric power plants. located on large rivers.

**Keywords:** geoinformation technologies, digital terrain modeling, digital terrain model, DEM, green energy, hydroelectric power plants, HEPP, the Republic of Mordovia.

### References

1. Dyrdasova A. S., Ljubimova M. M. «Zelenaja jenergetika»: ponjatie, vidy, sovremennoe sostojanie i tendencii razvitiya (Green energy: concept, types, current state and development trends). Youth scientific Bulletin. 2018, no.8 (33), pp. 47–52 (in Russian).
2. Purtova E. E., Ermolaeva Yu. V. Perspektivy ispol'zovanija zelenoj jenergetiki na territorii RF: SWOT-analiz. Uspehi himii i himicheskoj tehnologii (Advances in chemistry and chemical technology), 2017, vol. 31, no. 2 (183), pp. 14–16 (in Russian).
3. Lebedev Yu. V., Lebedeva T. A. Zelenaja jenergetika: sostojanie i ozhidaniya (Green energy: state and expectations), in Rossijskie regiony v fokuse peremen: sbornik dokladov XII Mezhdunar. konf. (Russian regions in the focus of change: collection of reports of the XII International conference). Ekaterinburg: OOO «Izdatel'stvo UMC UPI» (Publ.). 2018, pp. 367–374 (in Russian).
4. Zamkina I. A., Teslenok S. A., Teslenok K. S. Ocenka rezul'tatov geoinformacionno-kartometricheskogo analiza lesnoj ploshhadi Respubliki Mordovija (Evaluation of the results of geoinformation-kartometric analysis of the forest square of the Republic of Mordovia). Proceedings of the International conference “InterCarto. InterGIS”. 2018, no. 24 (1), pp. 394–404 (in Russian).
5. Vodnye resursy Respubliki Mordovija i geojekologicheskie problemy ih osvoenija (Water resources of Republic Mordovia and geo-ecological problems of their development) / A. A. Yamashkin, V. N. Safonov, A. M. Shutov and others. Saransk, 1999, 188 p. (in Russian).
6. Yamashkin A. A. Geojekologicheskij analiz processa hozjajstvennogo osvoenija landshaftov Mordovii (Geoecological analysis of the process of economic development of the landscapes of Mordovia). Saransk: Publishing house of Mordov. University (Publ.), 2001, 230 p. (in Russian).
7. Vse o Mordovii: Jencikl. sprav. (All about Mordovia: Encyclopedia. ref.) / Golubchik E.M. et al. Saransk: Mord. kn. izd-vo (Publ.), 1997, 713 p. (in Russian).
8. Kuz'min S.B., Dan'ko L.V., Cherkashin E. A., Osipov E. Yu. Cifrovye modeli rel'efa: metodika postroenija i vozmozhnosti ispol'zovanija pri geomorfologicheskom analize (Digital elevation models: methods of arrangement and possible implication in geomorphological researches). Geomorfologiya (Geomorphology). 2007, no. 4, pp. 33–41. <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2007-4-33-41> (in Russian).
9. Kashhvtseva A. Yu., Shipulin V. D. Modelirovanie rechnyh bassejnov sredstvami ArcGIS 9.3 (Modeling of river basins by means of ArcGIS 9.3). Uchenye zapiski Tavricheskogo nac. un-ta im. V. I. Vernadskogo. Serija “Geografija” (Scientific notes of the Tauride National University named after V. I. Vernadsky. Geography series). 2011, vol. 24 (63), no. 3, pp. 85–92 (in Russian).
10. Teslenok S. A., Teslenok K. S., Yutyaeva D. N., Vasilkovskaya E. A. Metodika sozdaniya i sovremennoe sostojanie cifrovoj karty rel'efa Respubliki Mordovija (The method of creation and the current state of the digital relief map of the Republic of Mordovia). Geografija ta turizm (Geography and tourism). 2014, vol. 27, pp. 251–258 (in Russian).
11. Teslenok S. A., Mynov A. A., Teslenok K. S. Geoinformation technologies in determining promising areas for the location of ski centers and complexes in the Republic of Mordovia, in Geoinformacionnoe kartografirovanie v regionah Rossii: mat-ly IX Vseros. nauchno-praktich. konf. (Geoinformation mapping in the regions of Russia. Materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference). Voronezh: Izd-vo «Nauchnaja kniga» (Publ.), 2017, pp. 69–76 (in Russian).
12. Teslenok S. A., Manukhov V. F., Teslenok K. S. Cifrovoe modelirovanie rel'efa Respubliki Mordovija (Digital elevation modeling of the Republic of Mordovia). Geodezia i Kartografia (Geodesy and cartography). vol. 80, no. 7, pp. 31–38. DOI 10.22389/0016-7126-2019-949-7-31-38. <https://cgkipd.ru/fsdf/2019.07.pdf> (in Russian).
13. Braude D. I. Jerozija pochv, zasuha i bor'ba s nimi v CChO (Soil erosion, drought and control of them in

- the Central Black Earth Region). Moscow: Nauka (Publ.), 1965, 140 p. (in Russian).
14. Teslenok K. S, Teslenok S. A, Fomin N. M. Vozmozhnosti ispol'zovanija GIS-tehnologij dlja vyjavlenija potencial'nyh uchastkov razvitija vodnoj jerozii v proizvodstvenno-hozjajstvennyh sistemah (Possibilities of using GIS technologies to identify potential areas of water erosion development in production and economic systems) in Strategy and tactics of development of production and economic systems: collection of articles. scientific. tr. Gomel: GGTU im. P. O. Suhogo (Publ.), 2019, pp. 164—166 (in Russian).
  15. Fomin N. M., Teslenok K. S., Teslenok S. A. Sozdanie karty potencial'nyh mest razvitija jerozii pochv v prirodno-social'no-proizvodstvennyh sistemah (Creating a map of potential sites for the development of soil erosion in natural-social-production systems) in Struktura, dinamika i funkcionirovanie prirodno-social'no-proizvodstvennyh sistem: nauka i praktika (Structure, dynamics and functioning of natural-social-production systems: science and practice). Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta (Publ.), 2019, pp. 136-144 (in Russian).

*Поступила в редакцию 20.09.2020 г.*