



конф., г. Волжский, 28 ноября 2003 г. Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2003. С. 124–126.

11. Макаров В. З., Чумаченко А. Н., Савинов В. А., Данилов В. А. Национальный парк «Хвалынский» : ландшафтная характеристика и географическая информационная система / под ред. В. З. Макарова. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 2006. 148 с.

12. Макаров В. З., Чумаченко А. Н., Данилов В. А., Волков Ю. В., Федоров А. В. Некоторые результаты ландшафтно-экологических исследований на территории Хвалынского национального парка // Изв. Саратовского ун-та. Новая серия. Сер. Науки о земле. 2007. Т. 7, вып. 1. С. 11–16.

13. Данилов В. А. Геоэкологические основы и геоинформа-

ционное обеспечение деятельности национального парка (на примере НП «Хвалынский») : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Астрахань, 2010. 24 с.

14. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, 1978. 319 с.

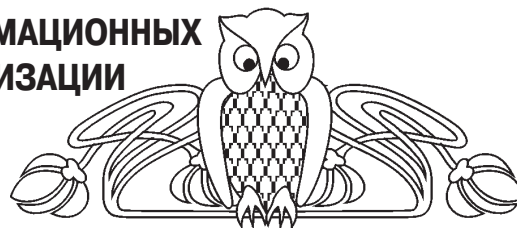
15. Анненская Г. И., Видина А. А., Жучкова В. К. Морфологическое изучение географических ландшафтов // Ландшафтоведение. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963. С. 5–28.

16. Симонов Ю. Г., Кружалин В. И. Инженерная геоморфология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. 208 с.

17. Гласко М. П., Раницман Е. Я. Географические аспекты блоковой структуры земной коры // Изв. АН СССР. Сер. география. 1991. № 1. С. 5–19.

УДК 55:004:622.992.2–032.32:504

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАССЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА (на примере Петровского района Саратовской области)



А. В. Молочко, П. С. Жучков

Саратовский государственный университет
E-mail: farik26@yandex.ru

В статье рассмотрены возможности применения геоинформационных технологий в решении задачи оптимизации трассы магистрального газопровода на территории Петровского района Саратовской области. Приведена классическая методика расчета области поиска оптимальной трассы газопровода, а также показаны основные факторы, оказывающие влияние на положение трассы.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, оптимизация трассы, магистральный газопровод, Саратовская область.

The Possibilities of GIS Technologies in Addressing the Problem of Optimizing Route of Gas Main (with Petrovskiy District of Saratov Region as an Example)

A. V. Molochko, P. S. Zhuchkov

The article represents possibilities of GIS technology in addressing the problem of optimizing route of gas main in the Petrovskiy district of the Saratov region. Also classical method of calculating the optimal search area of gas main and major factors that influence the position of the route are represented.

Key words: geoinformation technologies, route optimization, gas main, Saratov region.

В последнее десятилетие экономика Российской Федерации зависит и, вероятно, еще достаточно долгое время будет зависеть от экспорта природного газа в другие страны. Основным средством транспортировки является трубопроводный транспорт. Следовательно, строительство газопроводов является важнейшей задачей, которая затрагивает интересы государства.

Перед началом строительства газопровода ведется процесс проектирования будущей трассы. На стадии ее выбора закладывается фундамент выгодности и надежности будущей транспортной магистрали, так как решается комплекс задач, связанных с минимизацией финансовых затрат, с условиями строительства, ограниченностью в сроках строительства, надежностью газопровода, а также охраной окружающей среды.

Под информацией о будущем газопроводе понимается комплекс сведений, позволяющих количественно охарактеризовать условия строительства и эксплуатации будущего трубопровода. Недостаточное использование таких сведений может привести к потере лучшей трассы, чрезмерное их количество – к неоправданному усложнению процесса проектирования. Поэтому проектировщикам из огромного количества факторов, влияющих на положение будущей трассы, необходимо выделить наиболее важные, чтобы учесть их уже в период определения так называемого генерального направления трассы.

Все сведения можно подразделить на две основные группы: не зависящие от климатических, топографических и гидрогеологических условий, в которых будет прокладываться будущий трубопровод, и сведения, определяемые этими условиями.

К первой группе сведений относятся: начальная, конечная и промежуточные точки газопровода, его диаметр, вид и количество перекачиваемого продукта, кратчайшее расстояние между начальной и конечной точками.

Ко второй группе сведений относятся данные, которые в какой-либо мере зависят от по-



ложения будущего газопровода и природных условий, в которых он может оказаться:

- гидрогеологические и климатические данные прохождения трассы;
- количество крупных и средних рек, болот, озер, железных и автомобильных дорог, пересечение которых возможно при строительстве;
- густота населенных пунктов и наличие параллельно идущих автомобильных и железных дорог, речных и морских путей;
- наличие действующих трубопроводов и других протяженных сооружений (линий электропередачи, магистральной кабельной связи и др.), проходящих вдоль предполагаемой трассы;
- количество и качество обрабатываемых сельскохозяйственных угодий (пашен, садов, лугов), пересечение которых с учетом рекультивации и отчуждения увеличивает стоимость трубопровода.

Именно эти факторы в большинстве случаев и определяют как генеральное направление, так и детальную укладку трассы на местности.

До поиска оптимальной трассы необходимо ограничить область ее поиска для того, чтобы уменьшить объем исходной информации. Но при этом она должна быть такой, чтобы в ней обязательно находилась лучшая трасса, а за ее пределами любая трасса была заведомо худшей. При определении области поиска может использоваться метод среднестатистического коэффициента развития линии трубопровода.

Как правило, действительная длина магистрального газопровода больше прямой, соединяющей начальную и конечную точки трассы. Это объясняется тем, что на его пути встречаются различные препятствия, которые необходимо или целесообразно обойти. Отклонение трассы от прямой будет тем сильнее, чем больше будет встречаться препятствий.

Метод среднестатистического коэффициента развития линии газопровода. Если предположить, что коэффициент развития линии k_p задан, то длина любой реальной трассы может быть найдена из условия

$$L \leq k_p \cdot l, \quad (1)$$

где L – максимальная длина трассы, k_p – коэффициент развития линии газопровода, l – длина по геодезической прямой.

Линия, ограничивающая область возможного положения трубопровода, должна быть определена с таким расчетом, чтобы выполнялось условие (1). Этой линией является кривая, каждая точка которой удалена от начального и конечного пунктов трассы на расстояние, дающее в сумме $k_p l$, т. е. эллипсом с фокусами в начальной и конечной точках проектируемой трассы. Соответственно областью поиска является площадь территории, ограниченная эллипсом, малая ось которого b рассчитывается по формуле

$$b = l \sqrt{(k_p^2 - 1)}, \quad (2)$$

Из определенной таким образом теоретической области поиска необходимо исключить заведомо неоптимальные и запретные зоны. Как видно из формулы (2), ширина области поиска зависит от коэффициента k_p , который предложено принимать по среднестатистическим данным [1].

Недостатком метода среднестатистического коэффициента развития линии является использование усредненного k_p , для определения которого принимаются данные об условиях строительства, отличающиеся от тех, в которых будет сооружаться новый трубопровод.

Выбор трассы газопровода проводится с учетом возможной минимизации затрат при сооружении и эксплуатации газопровода.

Для обоснования выбора трассы газопровода должны быть учтены следующие факторы:

- диаметр и протяженность газопровода;
- конструктивные схемы укладки газопровода;
- безопасность населения и персонала, работающего вблизи газопровода;
- охрана окружающей среды;
- наличие других сооружений;
- наличие полезных ископаемых;
- инженерно-геологические и климатические условия;
- требования к строительству и эксплуатации газопровода;
- местные требования;
- перспективы развития территории;
- наличие крупных и средних рек, болот, озер, автомобильных и железных дорог, оврагов, действующих трубопроводов, линий электропередач и связи, сельскохозяйственных угодий;
- археологические памятники (курганы, поселения);
- наличие факторов коррозионной опасности.

При выборе трассы газопровода должны быть исследованы все характерные для района размещения явления, процессы и факторы природного и техногенного происхождения, которые могут оказать влияние на безопасность газопровода и вызвать негативное воздействие на население и окружающую среду, в том числе закономерности распространения промышленных выбросов в атмосферу.

Выбор трассы газопровода должен осуществляться в соответствии с требованиями, предусмотренными действующими земельным, водным и градостроительным кодексами, а также с учетом необходимости защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Не допускается размещать трассы газопроводов на рекреационных территориях (водных,



лесных, ландшафтных), в зонах санитарной охраны источников водоснабжения, водоохраных и прибрежных зонах рек, морей, охранных зонах курортов.

Согласно п. 3.2.1.2 СанПиН 2.1.4.1110-02 не допускается прокладка трубопроводов различного назначения на территории первого пояса зоны санитарной охраны подземных источников водоснабжения. Граница первого пояса устанавливается на расстоянии не менее 30 м от водозабора.

При выборе трассы газопровода необходимо учитывать возможность развития процессов коррозионного растрескивания под напряжением (КРН), т. е. следует учитывать природные и техноприродные факторы, определяющие предрасположенность газопровода на отдельных участках к развитию КРН.

Камеральную проработку вариантов трассы газопровода следует производить в пределах области поиска, определяемую эллипсом, в фокусах которого находятся начальный и конечный пункты трассы.

При выборе трассы газопровода необходимо учитывать перспективное развитие городов, других населенных пунктов, промышленных, сельскохозяйственных и других объектов, автомобильных дорог и проектируемого газопровода на ближайшие 20 лет, а также условия строительства и обслуживания газопровода в период его эксплуатации (существующие, строящиеся, проектируемые и реконструируемые здания и сооружения, мелиорация заболоченных земель, ирригация пустынных и степных районов, использование водных объектов и т. д.), выполнять прогнозирование изменений природных условий в процессе строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов.

Магистральные газопроводы должны прокладываться вне застроенных территорий или территорий с высоким уровнем антропогенного воздействия.

При проектировании маршрута должны учитываться минимальные расстояния различных объектов от трассы газопровода.

При сооружении магистральных газопроводов окружающей среде может быть нанесен огромный, часто непоправимый ущерб. Немалый вред наносится природной среде при сооружениях переходов через водные преграды.

Подводное исполнение переходов предполагает значительный объем земляных работ, включая срезку крутых береговых склонов, разработку траншей на русловых, береговых и пойменных участках, засыпку траншеи, укрепление берега, устройство водоотводных канав, перемычек, планировку береговых строительных площадок.

Процесс механизированной разработки береговых и русловых траншей сопровождается существенным увеличением концентрации

взвешенных минеральных частиц грунта в воде на участке реки в несколько километров. Воздействия могут пагубно сказываться на водных организмах, условиях обитания рыб и других водных живых организмов.

Вторично водоем подвергается загрязнению при обратной засыпке траншеи. Часть грунта сносится течением и загрязняет нижележащие участки водоема.

Значительный ущерб наносится малым рекам при строительстве водных переходов. На таких переходах траншеи разрабатывают экскаваторы с берегов или временных дамб. После завершения строительные организации не всегда восстанавливают русла реки, в результате чего наблюдаются смена русла, заболачивание территории, зарастание берегов, нарушение их режима и водности.

Воздействие строительного периода на почвенно-растительный покров (ПРП) определяется конструктивной схемой прокладки трубопровода, технологией сооружения и условиями местности.

Основное воздействие на ПРП связано с производством подготовительных работ, включающих: расчистку трассы от растительности; удаление пней и валунов; планировку полосы; сооружение временных подъездных и вдольтрассовых дорог; устройство полог; срезку продольных склонов; подготовку строительных площадок по сооружению подводных переходов и переходов через автомобильные и железные дороги; строительство временных складов для хранения материалов; сооружение жилых городков и т. п.

При выполнении подготовительных работ происходит интенсивное нарушение ПРП, в результате которого снижается биологическая продуктивность почвы, нарушается водный и температурный режим грунтов, возникает эрозия, а на участках с незначительной мощностью почвенного покрова может произойти полное его уничтожение.

Значительный вред ПРП наносится при передвижении строительной техники и транспортными средствами (особенно за пределами строительной полосы и временных дорог), засорении строительных площадок, полосы отвода, пунктов складирования труб и материалов горюче-смазочными материалами (ГСМ) и отходами строительного производства [2,3].

Создание трубопроводных систем для транспорта газа связано с неизбежным воздействием на компоненты природной среды как при строительстве, так и при эксплуатации. В связи с этим особую актуальность приобретает вопрос обеспечения оптимальных уровней экономичности и экологичности трубопроводных систем. Указанные параметры определяются конструктивными, технологическими, природоохранными и организационными решениями, принима-



емыми на стадии проектирования. Конкретные решения и их сочетание в существенной мере зависят от условий строительства и экологической обстановки вдоль выбранного направления газопровода. Поэтому очень важно при проектировании газопровода провести анализ предельно большого числа конкурентоспособных вариантов трассы и выбрать из них наилучший, удовлетворяющий требованиям экономии материальных и трудовых ресурсов и охраны окружающей природной среды.

Задача выбора оптимальной трассы магистрального газопровода в общем случае формулируется следующим образом: на топографической карте местности заданы начальный и конечный пункты трубопровода и сеть возможных направлений трасс между этими пунктами. Существенной особенностью этой задачи является то, что при ее решении не учитываются динамика компонентов окружающей среды и влияние на них строительства и эксплуатации трубопровода.

В связи с этим при решении задачи выбора оптимальной трассы необходимо учитывать: состояние компонентов окружающей среды с точки зрения уровня их загрязненности; предельно допустимые уровни воздействия на компоненты окружающей среды; динамику и направление развития экологической обстановки; характер и предельные размеры воздействия при строительстве и эксплуатации магистрального газопровода на компоненты окружающей среды и соответствующие им последствия.

Для решения задачи выбора оптимальной трассы с учетом охраны окружающей среды представляются необходимыми следующие данные: инженерно-строительные и тематические природоохранные карты, а также сведения о материальных затратах на прокладку газопровода в различных условиях местности и выполнение природоохранных мероприятий при строительстве и эксплуатации газопровода; характеристика надежности линейной части проектируемого газопровода, свойства перекачиваемого продукта с точки зрения воздействия на окружающую среду.

Инженерно-строительные карты характеризуют топографию района в пределах области поиска оптимальной трассы, сведения о естественных и искусственных препятствиях и т. п.

Тематические природоохранные карты отражают уровень загрязненности почв, водных источников и атмосферы, состояние и размещение природных зон, требующих охраны. Исходя из этого, комплексные карты, необходимые для выбора оптимальных трасс с учётом охраны окружающей среды, должны синтезировать содержание инженерно-строительных и природоохранных карт [4].

При проектировании трассы газопровода необходимо исследовать ее на предмет нанесе-

ния возможного вреда окружающей среде в случае аварии с последующей разгерметизацией и истечением газа.

Аварии при разгерметизации газопроводов сопровождаются следующими процессами и событиями: истечением газа до срабатывания отсекающей арматуры (импульсом на закрытие арматуры является снижение давления продукта); закрытием отсекающей арматуры; истечением газа из участка трубопровода, отсеченного арматурой.

В местах повреждения происходит истечение газа под высоким давлением в окружающую среду. На месте разрушения в грунте образуется воронка. Метан поднимается в атмосферу (легче воздуха), а другие газы или их смеси оседают в приземном слое. Смешиваясь с воздухом, газы образуют облако взрывоопасной смеси.

Дальность распространения облака взрывоопасной смеси в направлении ветра можно определить по формулам, изложенным в [5, 6].

При прогнозировании последствий случившейся аварии на газопроводе зону детонации принимают с учетом направления ветра, считая, что граница зоны детонации распространяется от трубопровода по направлению ветра на расстояние $2r_0$. В случае заблаговременного прогнозирования зона детонации определяется в виде полос вдоль всего трубопровода шириной $2r_0$, расположенных с каждой из его сторон. Это связано с тем, что облако взрывоопасной смеси может распространяться в любую сторону от трубопровода, в зависимости от направления ветра [1].

При выборе вариантов проектируемых трасс коммуникаций нужно решить целый ряд типовых задач, связанных с детальной оценкой физико-географических, ландшафтных, инженерно-геологических и прочих условий исследуемой территории. К таким задачам относятся: определение реальной длины трассы с учетом рельефа; подсчет и классификация пересечений трассы с объектами гидрографии, дорожной сети и т. д.; оценка удаленности каждого участка будущего строительства от транспортных коммуникаций и населенных пунктов; учет удорожания строительства в зависимости от геологического строения и покрытия земли (пески, болота, выход коренных пород и т. д.), а также многие другие задачи, требующие кропотливого сопоставления пространственного положения различных объектов территории исследований.

Перед началом процесса проектирования трассы магистрального газопровода на территории Петровского района нужно определить область поиска оптимальной трассы, т. е. рассчитать числовые характеристики эллипса с фокусами в начальной и конечной точках трассы.

Будем условно считать, что на территории Петровского района нужно спроектировать трассу транзитного газопровода, которая будет



входить на территорию района в точке А, а выходить в точке Б. Нужно отметить, что трасса газопровода с данными параметрами уже была спроектирована, часть этого газопровода (участок Петровск-Фролово магистрального газопровода Починки-Изобильное) построена в 2004 г. В данном исследовании будет проведен поиск альтернативной трассы газопровода с улучшенными параметрами с экономической и экологической точек зрения, а также выполнено последующее сравнение трасс по различным критериям.

Для расчета характеристик эллипса будем использовать вышеизложенный метод среднестатистического коэффициента развития линии газопровода.

Используя возможности программы MapInfo 8.5, была измерена длина геодезической прямой, соединяющей начальную и конечную точки трассы. Длина этой линии оказывается равной 52,73 км.

Далее необходимо определить среднестатистический коэффициент развития линии газо-

провода для данной местности. Для достижения поставленной цели были измерены длины геодезических прямых и реальных трасс некоторых магистральных газопроводов, проходящих по территории района, таких как Уренгой-Новопсков, Горький-Саратов, Средняя Азия-Центр. Используя полученные данные, можно рассчитать минимальные значения коэффициентов развития линии газопроводов. Так как данные транспортные магистрали газа существуют и имеют фактическую длину, то, возможно, имея данные о реальном коэффициенте развития линии, произвести сравнение: если реальный коэффициент развития окажется меньше минимального значения, то можно говорить о том, что при проектировании имело место излишнее удлинение трассы, а этот факт идет вразрез с задачей оптимизации трассы газопровода, заключающейся в минимизации финансовых затрат.

Полученные данные о длинах геодезической прямых и реальных трасс существующих газопроводов, а также о минимальном коэффициенте развития линии приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчеты характеристик существующих газопроводов

Газопровод	Длина по геодезической прямой, км	Фактическая длина, км	Минимальное значение k_p
Саратов-Горький	46,77	49,4	1,056
Уренгой-Новопсков	61,41	65,25	1,063
Средняя Азия-Центр	46,92	50,78	1,082

Для удобства и упрощения расчетов среднестатистического коэффициента развития линии для данной местности приравняем коэффициенты существующих трасс к соответствующим минимальным значениям. Было определено среднестатистическое значение по элементарной формуле нахождения среднего. В результате среднестатистический коэффициент развития линии для данной местности оказался равным 1,067. А если брать во внимание то, что была произведена замена неравенства на равенство, то можно сказать, что полученное значение – минимальное для данной местности. Оно будет использоваться при расчете числовых характеристик эллипса.

Для решения задачи оптимизации трассы магистрального газопровода необходим учет большого количества факторов, влияющих на стоимость будущего газопровода, а также на его «экологичность». В данной работе при многофакторном анализе были учтены следующие критерии:

- требования строительных норм и правил;
- ограничение трассы по длине;
- углы наклонов и перепады высот рельефа;
- удаленность от автодорог различного типа;
- площадь лесных вырубок;
- количество переходов через водные преграды и дороги различного типа;

– площадь покрытия населенных пунктов зоной детонации при возможной аварии на газопроводе.

После определения области оптимальной трассы в первую очередь из нее были исключены территории, на которых строительство газопроводов запрещено, согласно СНиП. Построение буферных зон и их «вырезание» производилось в программе MapInfo 8.5. Площадь «вырезанных» территорий составила 64,2 км², что составляет 7,4% от площади всей области. Стоит заметить, что не были исключены буферные зоны дорог различного типа, так как строительство на этих территориях не разрешено только при параллельном проложении газопровода относительно дорог (рис. 1).

Фактор уклонов рельефа является одним из важнейших при решении задачи проектирования трассы газопровода. Построение карт углов наклона производилось в программном продукте ArcGIS 9.3. С помощью инструментария программы был произведен перевод векторных слоев изолиний и отметок высот в интерполированную поверхность рельефа. Применив функцию «Уклоны» из набора Spatial Analyst, была получена карта углов наклона территории (классификация значений производилась с интервалом в 1° до значения 8, остальные значения – с интерва-

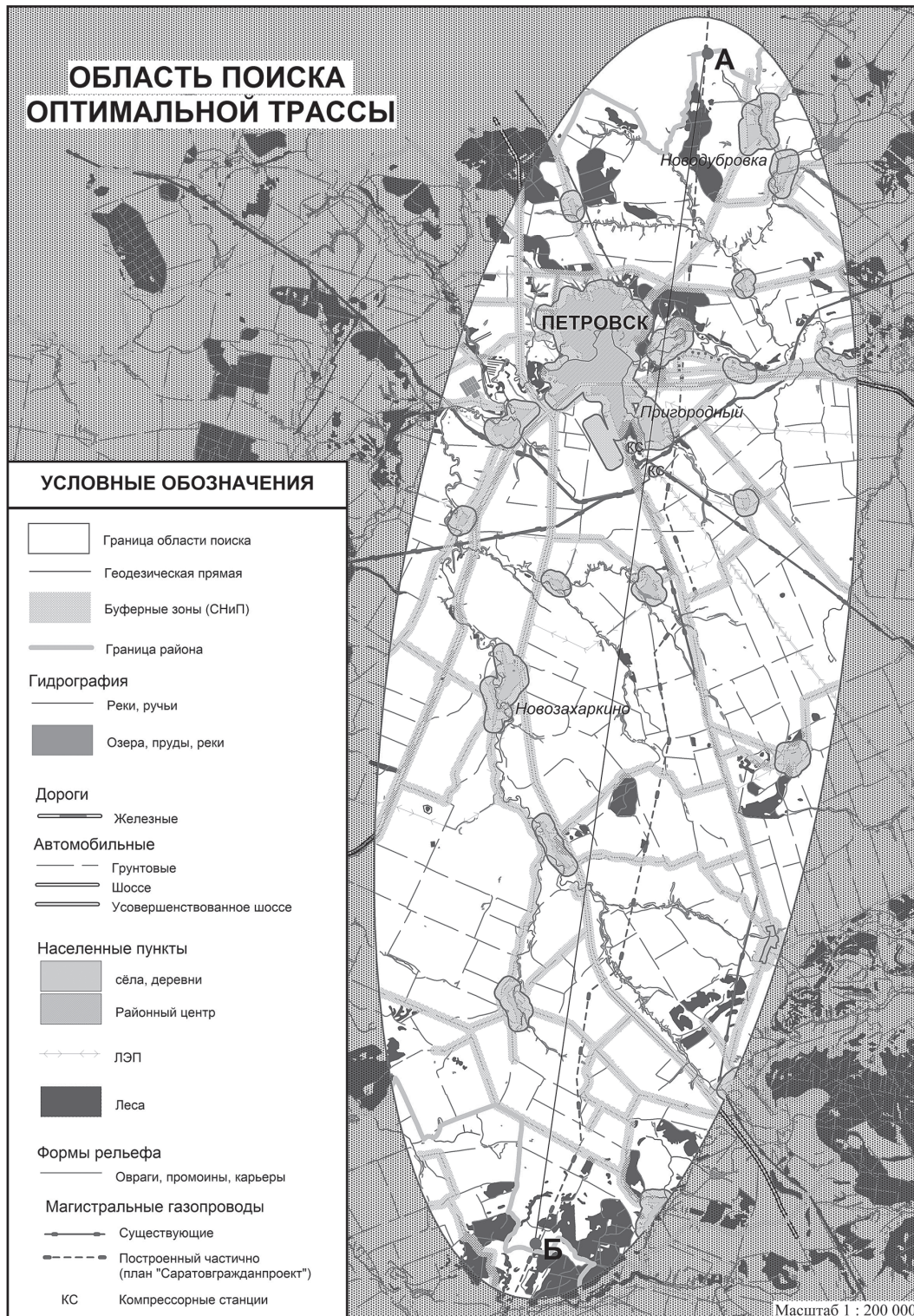


Рис. 1. Область поиска оптимальной трассы

лом в 2°). Максимальный уклон на территории района составил 18° (рис. 2).

Классификация территории района по удаленности от автодорог производилась путем последовательного построения буферных зон автодорог различного типа. Стоит отметить, что были выбраны только основные типы дорог:

усовершенствованные и обычные шоссе, а также усовершенствованные и обычные грунтовые дороги.

Перед непосредственным планированием трассы газопровода было произведено наложение всех необходимых векторных и растровых слоев в одном окне карты в MapInfo 8.5.

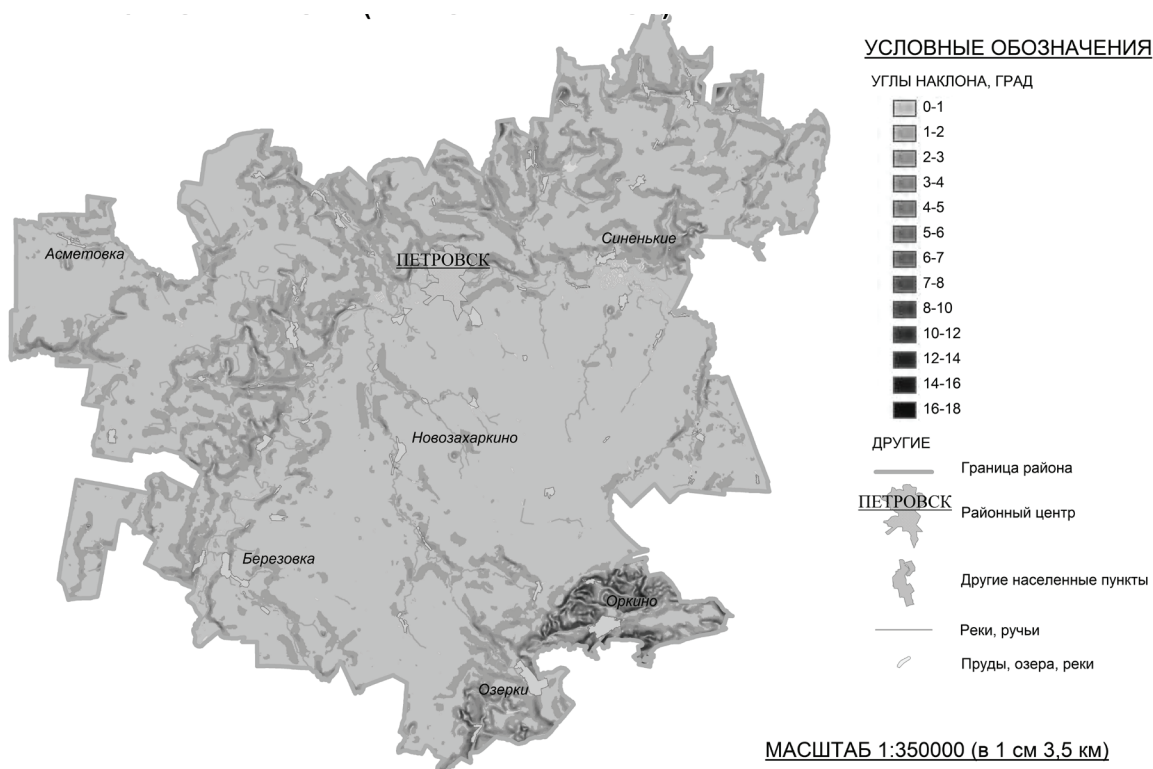


Рис. 2. Карта углов наклона (Петровский район)

При выборе оптимального пути прохождения трассы был выполнен визуальный комплексный учет всех необходимых факторов. Результатом данного синтеза явилась трасса газопровода длиной 54,02 км (рис. 3).

Для оценки результатов планирования необходимо провести сравнение по различным критериям получившейся трассы (трасса № 3) с трассой существующей (трасса № 2), а также с условной трассой по геодезической прямой (трасса № 1). Сравнение приведено в табл. 2.

Как видно из табл. 2, длина получившейся трассы (№ 3) оказалась меньше, чем трассы № 2. Уменьшение длины трассы является несомненным плюсом при проектировании.

С помощью функции «Пересечение» в ArcGIS были рассчитаны длины пересечений данных трасс с полигональными объектами высот рельефа, углов наклона и буферных зон удаленности от автодорог. В программе Microsoft Excel были выполнены расчеты процентной доли участков трассы, проходящих по соответствующим диапазонам вышеупомянутых критериев. Были построены гистограммы относительных частот и накопленных относительных частот. По принципу поиска медианы в статистике по графикам накопленных частот были найдены такие величины, как средний уклон, средняя высота и средняя удаленность от дорог.

В модуле 3D Analyst в ArcGIS по растру высот были построены продольные профили вариантов трасс. По ним были точно определены такие параметры, как максимальная и мини-

мальная высота. По растру углов наклона аналогичным методом были построены графики, по которым были определены их максимальные величины на пути прохождения трасс.

В целом спроектированная трасса № 3 по всем показателям, за исключением средней удаленности от автодорог, превосходит остальные трассы. Большее значение средней удаленности от автодорог трассы № 3 компенсируется тем, что 94,18% трассы лежит в пределах двухкилометровой доступности, а это является лучшим результатом среди представленных вариантов трасс. Можно сделать вывод о том, что по этому показателю трасса № 3 является менее дифференцированной.

Количество переходов трасс через водные преграды и дороги различного типа было определено визуально.

Главное достоинство трассы № 3 в том, что она является более «экологичной».

При ее строительстве площадь вырубки леса составит 1,78 га (ширина строительной полосы на землях лесного фонда составляет 32 м), в то время как для трассы № 2—17,4 га. Это является экономически выгодным аспектом, так как вырубка леса является довольно затратным процессом.

По площади покрытия населенных пунктов зоной детонации при возможной аварии на газопроводе трасса № 3 также является наиболее оптимальной. Зоны детонации были рассчитаны по формулам, изложенным в [5, 6], для различных скоростей ветра. Построение зон производилось



Таблица 2

Сравнение трасс газопроводов по различным критериям

Параметры сравнения	Трасса		
	№ 1	№ 2	№ 3
Длина, м	52728	54549	54020
Средний угол наклона, °	0,7	0,6	0,6
Максимальный угол наклона, °	7,7	7,7	7,65
Участки с уклонами менее 8°, %	100	100	100
В том числе:			
Участки с уклонами до 3°, %	96,12	97,55	99,21
Средняя удаленность от автодорог, м	827	822	913
Максимальная удаленность от автодорог, м	3760	3029	3020
Участки, удаленные на более чем 2000 м, %	20,79	6,32	5,82
Участки, проходящие по лесам, м	6125	5443	558
Площадь леса, подлежащего вырубке, га	19,32	17,4	1,78
Высота средняя, м	222	227,6	228,9
Высота максимальная, м	260	266,3	261,9
Высота минимальная, м	175,6	176	180,2
Разница максимальной и минимальной высот, м	84,4	90,3	81,7
Участки, проходящие по пескам, м	0	0	0
Участки, проходящие по болотам, м	0	0	0
Количество переходов через крупные реки (шир >30 м), шт.	0	0	0
Количество переходов через малые реки (шир <30 м), шт.	8	9	7
Пересечение крупных водных преград, м	131	0	0
Количество пересечение с усоверш. шоссе, шт.	1	1	1
Количество пересечение с шоссе, шт.	5	3	4
Количество пересечений с усоверш. грунтовыми и грунтовыми дорогами, шт.	7	6	6
Количество пересечений через железные дороги, шт.	1	1	1
Пересечение с населенными пунктами, м	1221	0	0
Прохождение по участкам, запрещенным СНиП, м	1760	1450	0
Площадь населенных пунктов, попадающих в зону возможной детонации, км ²			
В том числе:			
при скорости ветра 0,4 м/с	8,6	3,976	2,392
при скорости ветра 0,8 м/с	4,44	1,363	1,089
при скорости ветра 3 м/с	1,33	0,304	0,073

путем построения буферных зон относительно спроектированного газопровода.

Как было сказано выше, к настоящему моменту в пределах района построена только часть магистрального газопровода от компрессорной станции «Новопетровская» до точки Б. В настоящее время идет подготовка к постройке оставшейся части газопровода Починки-Изобильное. Поэтому было бы логично предложить вариант постройки трассы от точки А до КС «Новопетровская» по проекту оптимизированной трассы, т. е. совершить объединение существующей части трассы с проектом трассы, полученной в

данной работе. При таком варианте постройки участка трассы площадь вырубки леса была бы значительно меньше. Можно сделать вывод о том, что оставшийся участок трассы по данному проекту является более «экологичным».

В результате проведенной работы был получен наилучший с комплексной экономико-экологической точки зрения вариант оптимизированной трассы магистрального газопровода.

Следовательно, практика применения геоинформационных технологий в решении задачи проектирования и оптимизации трассы магистрального газопровода является оправданной.

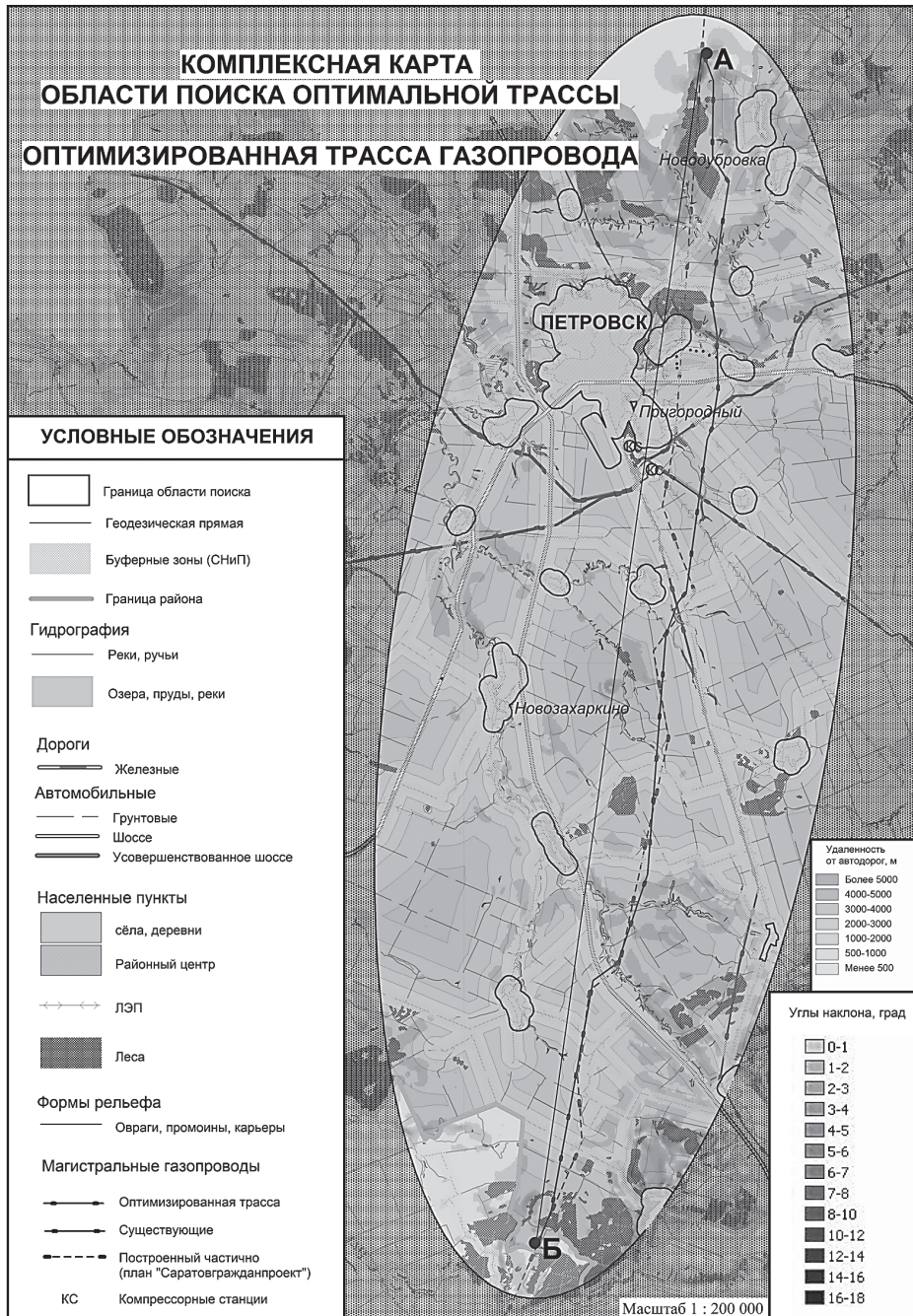


Рис. 3. Комплексная карта области поиска оптимальной трассы. Оптимизированная трасса газопровода

Библиографический список

1. Бородавкин П. П., Березин В. Л. Сооружение магистральных трубопроводов. М., 1977. 407 с.
2. ОАО «Газпром». Стандарт организации. Магистральные газопроводы. СТО Газпром 2–2.1–249-2008 : принят и введен в действие 26.08.08 г. // СПС «Консультант плюс».
3. СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения» : введен в действие 01.06.02 г. // СПС «Консультант плюс»
4. Телегин Л. Г., Ким Б. И., Зоненко В. И. Охрана окружающей среды при сооружении и эксплуатации газонефтепроводов : учеб. пособие для вузов. М., 1988. 188 с.

5. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций : учебник в 3 ч. Ч. 2. Инженерное обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций : в 3 кн. Кн. 2. Оперативное прогнозирование инженерной обстановки в чрезвычайных ситуациях / под общ. ред. С. К. Шойгу. М., 1998. 166 с.
6. Молочко А. В., Жучков П. С. Имитационное моделирование риска чрезвычайной ситуации при аварии на участке магистрального газопровода (на примере Петровского района Саратовской области) с использованием геоинформационных технологий // Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. Сер. Науки о Земле. 2011. Т. 11, вып. 2. С. 20–27.