



УДК 631.618

**В.И. Заносова, С.Ю. Коломоец**  
**V.I. Zanosova, S.Yu. Kolomoets**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ  
 ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ РУСЛА Р. КЫРГАЙ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**COMPUTER-AIDED DESIGN AT RECONSTRUCTION  
 OF THE RIVER BED OF THE KYRGAY RIVER IN THE KEMEROVO REGION**

**Ключевые слова:** горные работы, оползень, долина реки, проектные решения, программный продукт Autodesk AutoCAD Civil 3D.

водство инженерных изысканий и создание на их основе качественных проектов.

**Keywords:** mining operations, landslide, river valley, design solutions, Autodesk AutoCAD Civil 3D software.

Целью работы является обоснование параметров и технологии формирования рельефа в долине р. Кыргай Кемеровской области, обеспечивающих экологически устойчивое и эффективное функционирование водной системы. Для достижения поставленной цели обоснованы формы и параметры техногенного рельефа долины реки в обход оползня, сформированного в процессе вскрышных пород при разработке карьера. Отражены основные принципы работы AutoCAD Civil 3D при реконструкции долины реки, которая подразумевает создание нового проектного русла для предотвращения затопления территории. Проектируемая трасса русла реки наносится на цифровую модель местности, полученную в результате обработки топографо-геодезической информации стандартными средствами AutoCAD. Трасса проектного русла р. Кыргай идет вдоль границы оползня с минимальным количеством углов поворота. Общая длина трассы составляет 854 м. Продольный профиль по оси трассы проектируемого русла строится автоматически. Несомненным плюсом является полная динамичность модели, так как при корректировке положения трассы в плане автоматически пересчитываются отметки поверхности земли на продольном профиле, отметки дна проектируемого русла его уклона и расстояния между всеми характерными точками. Поперечное сечение выправленного русла р. Кыргай принято исходя из максимального стока вероятностью превышения 1%, что составляет 80,59 м<sup>3</sup>/с. Ширина выемки по дну составляет 6,4 м, заложение откосов – 1:1,5, глубина воды в канале – 1,95 м. На основании полученных данных строится проектная поверхность трассы проектируемого русла, результаты построения поверхности земли можно визуализировать. Переход на технологию динамического трехмерного проектирования на основе программного комплекса Autocad Civil 3D позволяет оптимизировать весь процесс работы над объектами, снизить затраты сил и времени на произ-

The research goal is to substantiate the parameters and technology of topography formation in the valley of the Kyrgay River of the Kemerovo Region which would ensure environmentally sustainable and the efficient functioning of the hydrologic system. To achieve this goal, the forms and parameters of technogenic relief of the river valley were substantiated; they had to bypass the landslide formed by stripping operations during quarry development. The basic principles of AutoCAD Civil 3D by the reconstruction of the river valley are described; the reconstruction involves the creation of a newly-designed river bed to prevent flooding of the area. The designed route of the river bed is plotted on the digital terrain model obtained by processing topographic and geodetic information with the standard AutoCAD tools. The designed route of the Kyrgay River bed goes along the landslide border with minimum bends. The total route length makes 854 m. The longitudinal profile along the route axis of the designed riverbed is plotted automatically. A real advantage is a complete dynamic model; when the route position is adjusted in the situation plan, the software automatically recalculates the ground level marks on the longitudinal profile, slope marks of the designed river bed and distance between all distinguished points. The cross-section of canalized bed of the Kyrgay River is taken on the basis of the peak flow with exceedance probability of 1%, which makes 80.59 м<sup>3</sup> s. The width of bottom excavation is 6.4 m; steepness of slope – 1:1.5; water depth in the channel – 1.95 m. Based on the obtained data, the designed surface of the designed river bed route is constructed; the results of the land surface construction may be visualized. The switch to the technology of dynamic three-dimensional design based on the Autocad Civil 3D software optimizes the entire design process, reduces labor and time costs of engineering surveys and creation of high-quality projects.

**Заносова Валентина Ивановна**, д.с.-х.н., доцент, проф. каф. гидравлики, сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-80-82. E-mail: valzan@bk.ru.

**Коломоец Сергей Юрьевич**, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: s-kolomoec.90@mail.ru.

**Zanosova Valentina Ivanovna**, Dr. Agr. Sci., Assoc. Prof., Prof., Chair of Hydraulics, Farm Water Supply and Water Disposal, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-80-82. E-mail: valzan@bk.ru.

**Kolomojets Sergey Yuryevich**, post-graduate student, Altai State Agricultural University. E-mail: s-kolomoec.90@mail.ru.

### Введение

Наиболее распространенным видом техногенных массивов в горнодобывающей промышленности являются отвалы вскрышных пород. Отвалы – типичный продукт техногенеза в горном деле, и их породы претерпевают изменения, подобные природным геологическим процессам литогенеза.

Так, в Кузбассе отвалы угольных разрезов занимают свыше 3,5 тыс. га, и чаще всего они размещают в оврагах, балках и долинах малых рек, так как значительная часть этих территорий является малопродуктивной для сельскохозяйственного использования [1].

Негативное воздействие отвальных массивов выражается в следующем:

- занятие значительных площадей и переоформление рельефа местности;
- нарушение гидродинамического режима поверхностного стока в месте расположения отвала;
- возможное перекрытие рек и ручьев вследствие оползания уложенных пород;
- аккумуляция воды и заболачивание прилегающих территорий; неравномерные осадки поверхности, появление мульд оседания с последующим образованием болот на территории отвала и многое другое.

Для экологически безопасной и надежной стабилизации возникшей ситуации на малых реках необходимо применять такие методы, которые способствовали бы тому, чтобы река сама восстанавливала себя со временем. Одним из таких методов является природоприближенное восстановление с использованием выправительных и регуляционных сооружений. С целью повышения надежности и эффективности проектирования природоохранных мероприятий целесообразным является использование современных методов и средств проектирования [2].

**Целью** работы является обоснование параметров и технологии формирования рельефа в долине р. Кыргай, обеспечивающих экологически устойчивое и эффективное функционирование водной системы.

### Задачи исследований:

- обоснование формы и параметров техногенного рельефа долины реки в обход оползня, сформированного в процессе отвалообразования вскрышных пород;
- обоснование выбора проектных решений с использованием автоматизированных систем AutoCAD Civil 3D.

### Объекты и методы

Река Кыргай (в верховье – Степной Кыргай) протекает в Кемеровской области, в центральной части Ерунаковского геолого-промышленного района Кузбасса. Устье реки находится в 22 км по левому берегу реки Ускат. Длина реки составляет 46 км, основным притоком является р. Талда [3].

В геоморфологическом отношении район изысканий относится к зоне увалисто-долинного рельефа, для которой характерны широкие долины и крупные со сглаженными вершинами и расчлененными склонами увалы. Склоны водораздела обращены к р. Кыргай и изрезаны логами. Тальвеги логов заболочены, заросли кустарником. Ландшафт района лесостепной, абсолютные отметки поверхности изменяются от +213 до +275 м.

Рельеф местности, освоенной угольными предприятиями, осуществляющими добычу угля открытым способом, подвергся сильной антропогенной нагрузке – это глубокие карьерные выемки и внешние отвалы.

На большинстве разрезов Кузбасса основания внешних отвалов представлены песчано-глинистыми и суглинистыми отложениями четвертичного возраста. Возникновение порового давления при их нагрузке отвальными насыпями из полускальной вскрыши привело к деформациям отвалов на разрезах ОАО «СУЭК-Кузбасс» и их сползанию в р. Кыргай.

Типичный долинный оползень представляет собой крупное ступенеобразное сооружение закрытого контура, полностью перегораживающее речную долину и перехватывающее весь ее сток. В результате оползания склона на участке проведения горных работ произошло пересыпание русла, что привело к затоплению территории выше по течению реки [4].

Стратегия экологически адекватной рекультивации долины малой реки, основанной на геоморфологических принципах, подразумевает восстановление ее основной функции – проточности. Она может быть достигнута, во-первых, за счет восстановления русла водотока, а, во-вторых, за счет создания нового русла реки.

Обоснованием необходимости применения автоматизированных систем проектных работ, таких как AutoCAD Civil 3D, является необходимость в короткие сроки получить определенные проектные решения, с необходимыми подсчетами объемов работ и чертежи. Кроме этого динамичность и соподчиненность отдельных элементов построения позволяют оперативно вносить изменения на любых стадиях разработки проектов [5, 6].

### Результаты и их обсуждение

Реконструкция русла р. Кыргай подразумевает создание нового проектного русла в обход границы оползня для предотвращения негативного воздействия вод (загрязнение территории) на существующую инфраструктуру.

Структурно процесс проектирования с помощью системы AutoCAD Civil 3D можно разбить на следующие основные этапы:

- подготовка цифровой модели местности (ЦММ);
- определение трассы русла в плане и профиле;
- трехмерное моделирование трассы русла реки;
- расчет объемов работ и создание выходной документации.

Проектируемая трасса русла реки наносится на цифровую модель местности (ЦММ), полученную в результате обработки топографо-геодезической информации стандартными средствами AutoCAD – полилиней. На плане указываются вершину углов поворота, в свою очередь кривые и переходные кривые (при необходимости) достраиваются автоматически. Радиусы кривых задаются в начале построения, но они могут быть изменены в любой момент времени, в зависимости от необходимости.

При нанесении трассы на топографический план соблюдаются следующие требования [6, 7]:

- радиусы поворота кривых составляют не менее 5 ширин проектного русла по верху для реки с укрепленными откосами,
- радиусы углов поворота точки врезки проектного русла в существующее рус-

ло и к месту впадения предусматриваются на прямолинейном участке;

- трасса проектного русла проходит по незастроенному участку местности, с минимальным количеством растительности (особенно древесно-кустарниковой);
- трасса идет в обход оползневого массива.

Трасса проектного русла р. Кыргай идет вдоль границы оползня с минимальным количеством углов поворота. Общая длина трассы составляет 854 м (рис. 1).

Продольный профиль по оси трассы проектируемого русла строится автоматически. Несомненным плюсом является полная динамичность модели, так как при корректировке положения трассы в плане автоматически пересчитываются отметки поверхности земли на продольном профиле, отметки дна проектируемого русла его уклона и расстояния между всеми характерными точками.

Продольный профиль проектного русла р. Кыргай полностью проходит в выемке с постоянным уклоном 6,87‰. Средняя глубина выемки составляет порядка 10-12 м, что свидетельствует о довольно больших объемах земляных работ для участка длиной 854 м. Ввиду характерных особенностей грунта по проектируемой трассе (гравелистый песок с прослоями суглинка) предусматривается крепление дна и откосов проектируемого русла.

В связи с тем, что проектный профиль имеет уклон, поперечное сечение на каждом участке проектного русла имеет разную глубину врезки в существующую поверхность. Тем не менее средства AutoCAD Civil 3D позволяют вычертить универсальное поперечное сечение, в котором отдельные его характеристики в автоматическом режиме будут подстраиваться под конкретные условия. Вычерчивание поперечного сечения происходит отрезками с указанием различных параметров: уклонов, длины участков, отметок поверхностей и т.п. Поперечное сечение выправленного русла р. Кыргай принято исходя из максимального стока вероятностью превышения 1%, что составляет 80,59 м<sup>3</sup>/с. В данном случае используется сечение для выемки с шириной по дну 6,4 м и заложением откосов 1:1,5. При таких параметрах глубина воды в канале составит 1,95 м. Ввиду большого заглубления проектного профиля предусматриваются бермы шириной 3 м через каждые 12 м заглубления.

На основании полученных данных строится проектная поверхность трассы проекти-

руемого русла. Проектная ось выправляемого русла р. Кыргай имеет 5 углов поворота, проектный продольный профиль не имеет точек перелома и вычерчен с уклоном 6,87‰, построено универсальное поперечное сечение для выемки. Вдоль оси проектного русла реки с выбранными уклонами продольного профиля автоматически строится проектная поверхность, в которой через заданное расстояние применяется универсальное сечение. В данном случае сопряжение проектной поверхности и существующей поверхности земли осуществляется автоматически, так как в качестве внешнего откоса сечения указан вектор, а не отрезок. Ввиду того, что отметки

проектной поверхности в местах сопряжения с существующей поверхностью земли между сечениями интерполируются, то чем чаще будет применено сечение, тем точнее будет отрисовано сопряжение проектной и существующей поверхности земли (рис. 2).

Полученные результаты построения поверхности земли можно визуализировать (рис. 3).

Объемы проектируемых работ при реконструкции русла р. Кыргай определяются автоматически в программном продукте Autodesk AutoCAD Civil 3D и представлены в таблице.

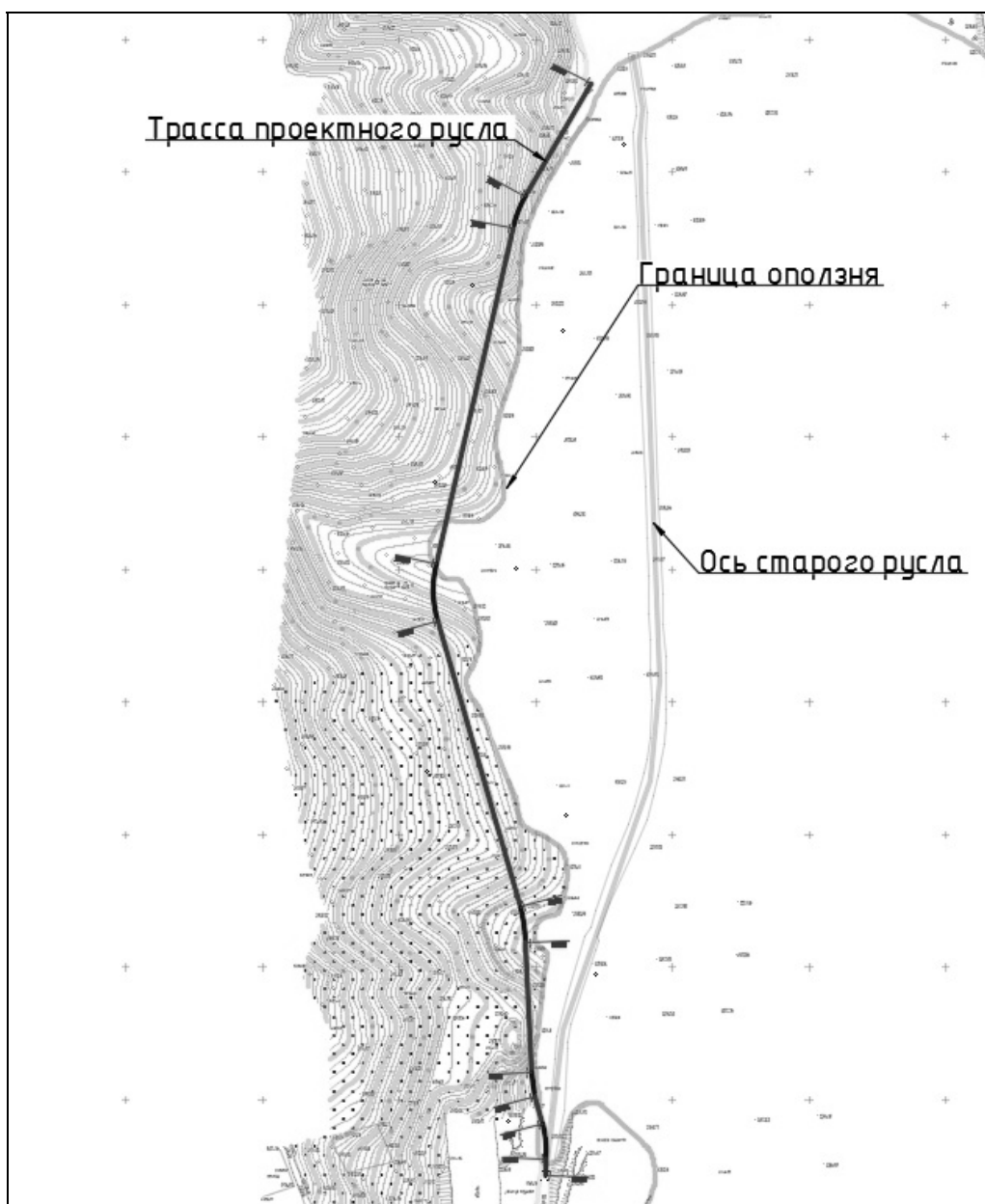


Рис. 1. Трасса проектного русла р. Кыргай



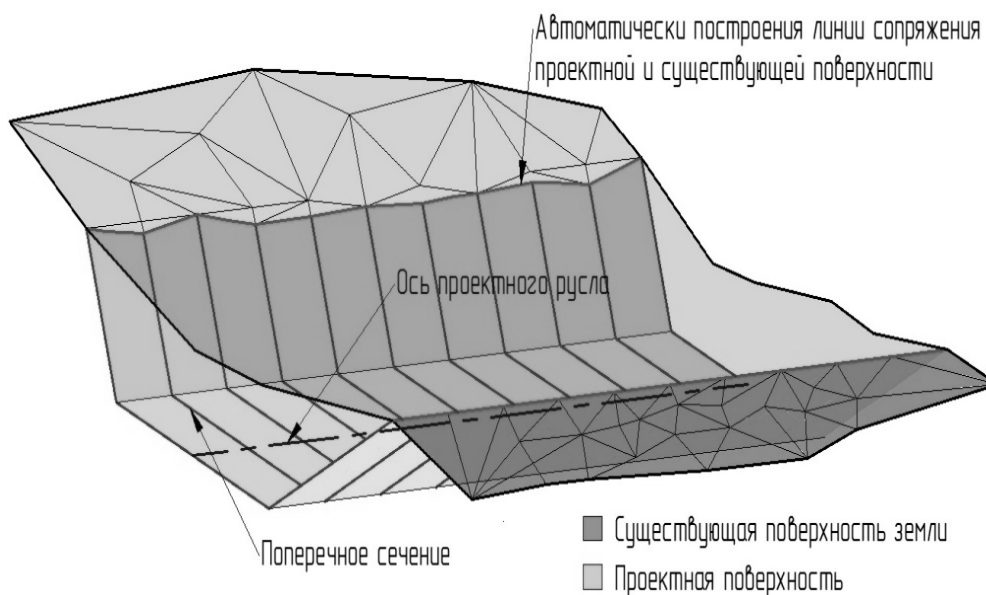


Рис. 2. Существующая и проектная поверхность на участке выемки

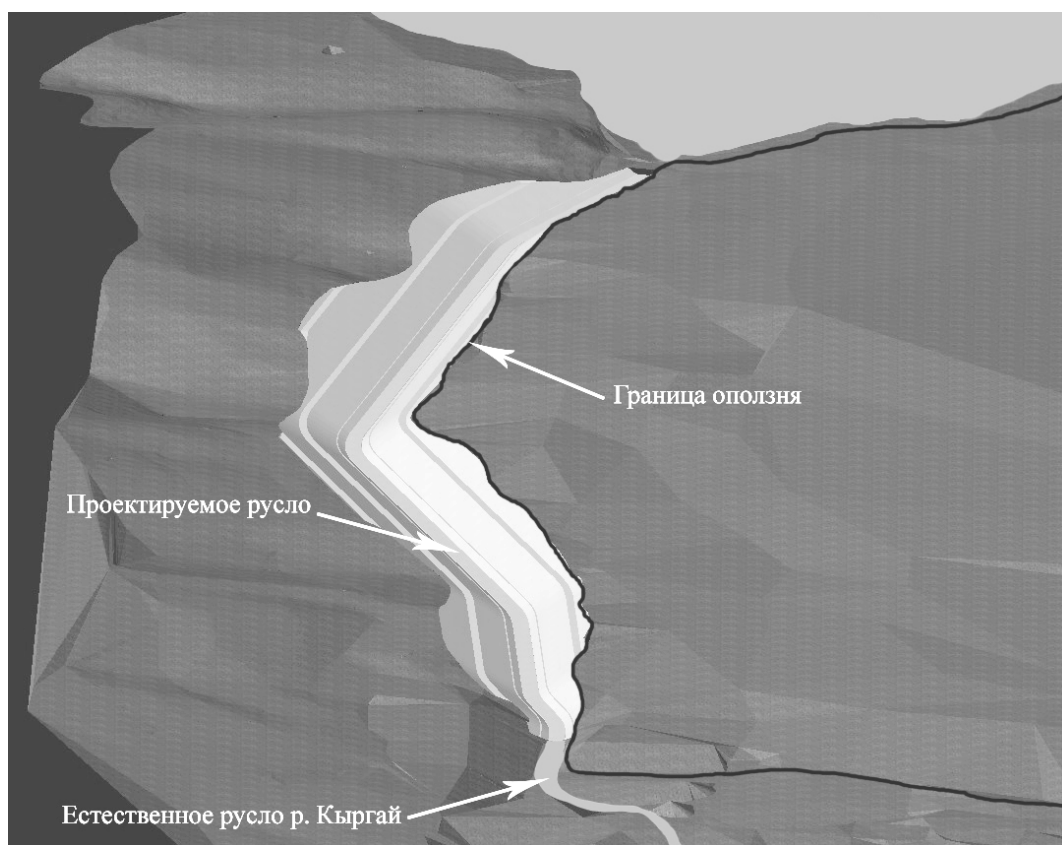


Рис. 3. 3D отображение проектируемого сооружения

Объем работ при реконструкции р. Кыргай

Таблица

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество
1	Длина проектируемого русла	м	875
2	Объем выемки грунта	тыс. м <sup>3</sup>	329,9
3	Укрепительные работы дна и откосов выправленного русла габионными конструкциями		
	укладка геотекстиля	тыс. м <sup>2</sup>	11,444
	сборка и установка матрасов Рено	тыс. м <sup>2</sup>	11,444
	загрузка камня	тыс. м <sup>3</sup>	3,433

Таким образом, система автоматизированного проектирования AutoCAD Civil 3D позволяет выполнять любые стадии проектов строительства и реконструкции объектов. Программный продукт формирует полноценную трехмерную среду, давая тем самым возможность в любой момент визуально оценить проектное решение. Ключевой его особенностью является интеллектуальная связь между объектами, позволяющая динамически обновлять все связанные объекты при внесении изменений в результаты изысканий или проектные решения.

### Заключение

Активизация процессов оползания речных склонов при добыче полезных ископаемых серьезно нарушает рельеф водосборных бассейнов и состояние поверхностных вод. Реконструкция малых водотоков должна проводиться с учетом специфики и естественных условий первоначального расположения реки в долине.

При создании искусственного русла необходимо соблюдать соответствующие требования природоохранного и ряда других законодательств. Сформированное русло должно максимально соответствовать первоначальному, естественному, что достаточно сложно достичь, учитывая многообразие природных и техногенных факторов.

Переход на технологию динамического трехмерного проектирования на основе программного комплекса Autocad Civil 3D позволяет оптимизировать весь процесс работы над объектами, снизить затраты сил и времени на производство инженерных изысканий и создание на их основе качественных проектов.

### Библиографический список

1. Счастливец Е.Л., Брагин В.Е. Геоэкологические проблемы угледобывающих районов Кузбасса и пути их решения // Уголь. – 2007. – № 7. – С. 65-67.
2. Безменова О.В. Анализ исследований по восстановлению русел рек, нарушенных горными работами. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2000. – 102 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР: гидрологическая изученность. Т. 15: Алтай и Западная Сибирь. Вып. 2: Средняя Обь /

под ред. В.В. Зееберг. – Л.: Гидрометеоздат, 1967. – 351 с.

4. Горшков С.П. Экзодинамические процессы освоенных территорий. – М.: Недра, 1982. – 286 с.

5. Петров А.В., Черненький В.М. Проблемы и принципы создания САПР: практическое пособие. – М.: Высшая школа, 1990. – Кн. 1. – 143 с.

6. Смирнов В.Г., Коробова А.Г., Скидан А.В. Использование программного продукта Autocad Civil 3D для обеспечения качества и достоверности результатов инженерных изысканий в нефтегазовой отрасли // Инженерные изыскания – 2014. – № 3. – С. 40-45.

7. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 336 с.

### References

1. Schastlivtsev E.L., Bragin V.E. Geoeekologicheskie problemy ugledobывayushchikh rayonov Kuzbassa i puti ikh resheniya // Ugol. – 2007. – № 7. – S. 65-67.

2. Bezmenova O.V. Analiz issledovaniy po vosstanovleniyu rusel rek, narushennykh gornymi rabotami. – Irkutsk: Izd-vo IrGTU, 2000. – 102 s.

3. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: Gidrologicheskaya izuchennost. T. 15. Altay i Zapadnaya Sibir. Vyp. 2. Srednyaya Ob / pod red. V.V. Zeeberg. – L.: Gidrometeoizdat, 1967. – 351 s.

4. Gorshkov S.P. Ekzodinamicheskie protsessy osvoennykh territoriy. – M.: Nedra, 1982. – 286 s.

5. Petrov A.V., Chernenkiy V.M. Problemy i printsipy sozdaniya SAPR: prakticheskoe posobie. Kn.1. – M.: Vysshaya shkola, 1990. – 143 s.

6. Smirnov V.G., Korobova A.G., Skidan A.V. Ispolzovanie programmnoy produkta Autocad Civil 3D dlya obespecheniya kachestva i dostovernosti rezultatov inzhenernykh izyskaniy v neftegazovoy otrasli // Inzhenernye izyskaniya. – 2014. – № 3. – S. 40-45.

7. Norenkov I.P. Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya. – M.: Izd-vo MGTU im. Baumana, 2002. – 336 s.

