



**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КАРЬЕРНЫХ ВОД ПРИ ОСВОЕНИИ ОБВОДНЕННЫХ  
БУРОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАНСКО-АЧИНСКОГО БАССЕЙНА**

**А. В. Резник**

*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: a-reznik@mail.ru,  
Красный проспект 54, г. Новосибирск 630091, Россия*

Рассмотрены способы утилизации карьерных вод на отечественных и зарубежных разрезах и установлено, что освоение обводненных бурогольных месторождений Канско-Ачинского бассейна с применением традиционных способов их осушения недостаточно эффективно. Предлагается технология разработки обводненного бурогольного месторождения без его осушения, обеспечивающая возможность сокращения непроизводительных затрат на добычу угля и снижение негативного воздействия открытых горных работ на природную среду.

*Обводненное бурогольное месторождение, технологический водоем, выработанное пространство, гидромеханизация*

**RATIONAL USE OF QUARRY WATER WHEN MINING WATERED  
LIGNITE DEPOSITS IN THE KANSK-ACHINSK BASIN**

**A. V. Reznik**

*Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
E-mail: a-reznik@mail.ru, Krasny Prospect 54, Novosibirsk 630091, Russia*

Methods of quarry water disposal at domestic and foreign open-pit mines are considered, and it is found that mining of watered lignite deposits in the Kansk-Achinsk basin using traditional drainage methods is not quite efficient. A technology is proposed for mining a watered lignite deposit without draining it, which makes it possible to reduce unproductive costs for coal production and mitigate the negative effect of open-pit mining on the environment.

*Watered lignite deposit, process water reservoir, mined-out space, hydraulic mechanization*

Устойчивая тенденция ухудшения горно-геологических и горнотехнических условий разрабатываемых месторождений, постоянного удорожания материальных и энергетических ресурсов свидетельствует о необходимости изыскания инновационных ресурсосберегающих и экологически сбалансированных технологий добычи минерального сырья и повышения конкурентоспособности горного производства. В числе приоритетных направлений совершенствования технологий в настоящее время рассматриваются: внедрение высокопроизводительного горно-транспортного оборудования, изыскание эффективных способов и средств обработки массивов горных пород в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях, рациональное использование техногенного ресурса выработанных карьерных пространств, снижение негативного воздействия горного производства на природную среду [1].

Отечественный и зарубежный опыт добычи твердых полезных ископаемых свидетельствует о том, что подавляющая часть технологий предполагает традиционную разработку обводненных месторождений с проведением мероприятий по осушению продуктивной толщи и отведению вод, поступающих в горные выработки. Как правило, на подобных месторождениях проводится их предварительное осушение подземным или скважинным способами. Как самостоятельный

или вспомогательный способ применяется также открытый водоотлив, предусматривающий комплекс сооружений в составе водосборников, насосных станций и трубопроводных сетей. Практика показывает, что использование этих способов оправдано на месторождениях с водопроницаемыми горными породами и умеренными водопритоками в горные выработки. Освоение месторождений, сложенных горными породами с низкой водопроницаемостью и значительными притоками вод, требует применения наиболее капиталоемких способов осушения или их комбинаций [2, 3].

В числе отечественных угольных разрезов, работающих в условиях повышенной обводненности (объем водопритока более 1000 м<sup>3</sup>/ч) можно отметить: Березовский-1, Бородинский, Назаровский (Красноярский край), Аршановский, Восточно-Бейский (Республика Хакасия), Ерковецкий (Амурская область), Лучегорский-1, Павловский (Приморский край). На большинстве из них осушение массивов горных пород реализовано с помощью системы дренажных скважин и/или открытого водоотлива. Необходимо отметить, что строительство и эксплуатация этих сооружений требует значительных капитальных затрат и эксплуатационных расходов, достигающих 10–15 % в себестоимости угля [4]. Не следует забывать и о негативном влиянии водопонижающих мероприятий на гидрогеологическое состояние разрабатываемых недр. Особенно это актуально для открытой добычи минерального сырья, при которой вскрываются все водоносные горизонты, залегающие в разрабатываемой толще пород, а депрессионные воронки охватывают обширные прилегающие территории, достигающие 15 и более км (при глубине разреза 150–200 м) [5]. Общая площадь депрессионных воронок, например, угледобывающих предприятий Кузбасса достигает 2 тыс. км<sup>2</sup>.

Одним из основных условий интенсификации и рационального природопользования является комплексное использование сырьевых ресурсов, внедрение в производство ресурсосберегающих и экологически сбалансированных технологий. Практика открытых горных работ свидетельствует о том, что эти положения приобретают особое значение при освоении месторождений со сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями. Большой интерес в этом плане представляют обводненные бурогольные месторождения Канско-Ачинского бассейна, обладающие значительными запасами высококачественных углей с низким коэффициентом вскрыши. Следует, заметить, что ряд месторождений, намечаемых к первоочередному освоению, имеют специфические особенности, требующие изыскания новых технологий их разработки. Это, прежде всего, повышенная обводненность массивов горных пород и наличие во вскрышной толще крепких породных включений, выемка которых традиционными способами, применяемыми на большинстве предприятий, и техническими средствами затруднена. Апробированные действующими разрезами бассейна в реальных условиях способы осушения месторождений оказались высоко затратными и недостаточно эффективными. Невозможной оказалась отработка вскрышных пород с крепкими включениями и техникой непрерывного действия, что выявила эксплуатация роторных экскаваторов ЭРШРД-5250 на разрезе “Березовский-1” [6].

С учетом опыта эксплуатации действующих разрезов, а также горно-геологических и гидрогеологических условий обводненных бурогольных месторождений западной части бассейна с пластами большой единичной мощности (Урюпское, Барандатское, Итатское) предлагается технология их разработки без осушения продуктивной толщи [6, 7].

Технология предусматривает (на примере разреза “Урюпский”) применение наиболее эффективных способов и высокопроизводительного горного оборудования для ведения вскрышных и добычных работ с использованием гидроресурсного потенциала месторождения и техногенного ресурса выработанного карьерного пространства. Для этих целей предусматривается (рис. 1):

— формирование в выработанном пространстве разреза технологического водоема (с подтоплением нижнего угольного уступа) для сбора подземных вод и атмосферных осадков;

- добыча угля двумя уступами по пласту техникой непрерывного действия — роторными экскаваторами (верхний) и цепными экскаваторами (нижний уступ);
- использование водных ресурсов водоема в замкнутом технологическом цикле добычи угля;
- селективная выемка вскрышных пород средствами гидромеханизации;
- размещение в выработанном пространстве разреза гидроотвала вскрышных пород.

Вскрытие поля разреза предусматривается по традиционной технологии экскаваторами-драглайнами типа ЭШ-20.90 для проходки двух фланговых въездных траншей и разрезной траншеи. Отработку вскрышных уступов предполагается осуществлять гидромеханизированным способом с использованием гидромониторно-землесосных комплексов и трубопроводного гидротранспорта со складированием основного объема вскрышных пород в гидроотвале, размещаемом в выработанном пространстве разреза.

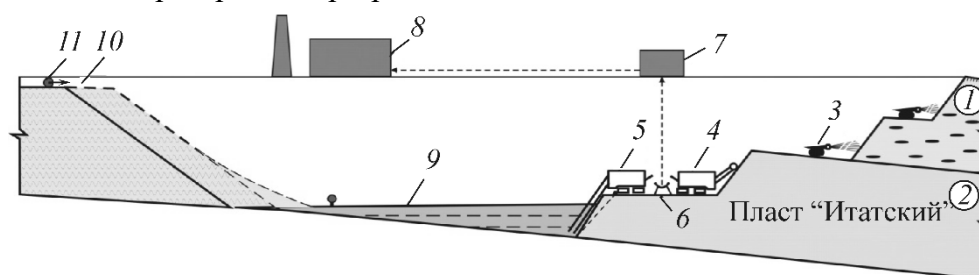


Рис. 1. Технологическая схема разреза: 1 — вскрышной уступ; 2 — угольный пласт; 3 — гидромонитор; 4 — роторный экскаватор; 5 — цепной экскаватор; 6 — забойный конвейер; 7 — перегрузочный пункт; 8 — ГРЭС; 9 — технологический водоем; 10 — гидроотвал; 11 — трубопровод слива гидросмеси

Выполненные исследования свидетельствуют о том, что предлагаемая геотехнология позволит повысить эффективность разработки рассматриваемого месторождения за счет [7]:

- сокращения инвестиционных вложений и эксплуатационных затрат (в результате исключения дорогостоящих мероприятий по осушению продуктивной толщи);
- гидромеханизированной селективной отработки массива вскрышных пород;
- рационального использования карьерных вод в технологическом цикле добычи угля;
- снижения негативного воздействия горного производства на природную среду в районе месторождения (использование в замкнутом водообороте практически всего объема карьерных вод, сокращение площади изымаемых земель, снижение вредных выбросов в атмосферу).

Организация технологического водоема и использование поступающей в него воды для гидромеханизированной выемки вскрышных пород позволит предельно сохранить природное гидрогеологическое состояние разрабатываемого массива горных пород с соответствующим уменьшением депрессионной воронки в границах поля разреза и за его пределами, до минимума снизить сброс карьерных вод в прилегающие водоемы [8].

Конструкция и параметры технологического водоема будут определяться той частью выработанного карьерного пространства, где предусматривается его размещение, т. е. на почве угольного пласта и в габаритах, ограниченных высотой нижнего угольного уступа и откосами фланговых бортов разреза. Формирование водоема предполагается на 3–4 год эксплуатации, после завершения проходки драглайнами въездных и разрезной траншей, а также отработки ими 2–4 заходок по пласту на всю длину фронта горных работ (с размещением вскрышных пород во внутреннем отвале) с целью создания первоначальной емкости для приема поступающей в разрез воды (рис. 2). Это обеспечит возможность своевременного монтажа основного горно-транспортного оборудования (роторные и цепные экскаваторы, гидромониторно-землесосные комплексы, транспортные коммуникации и сети), а также позволит сформировать необходимое для размещения технологического водоема и гидроотвала выработанное карьерное пространство.

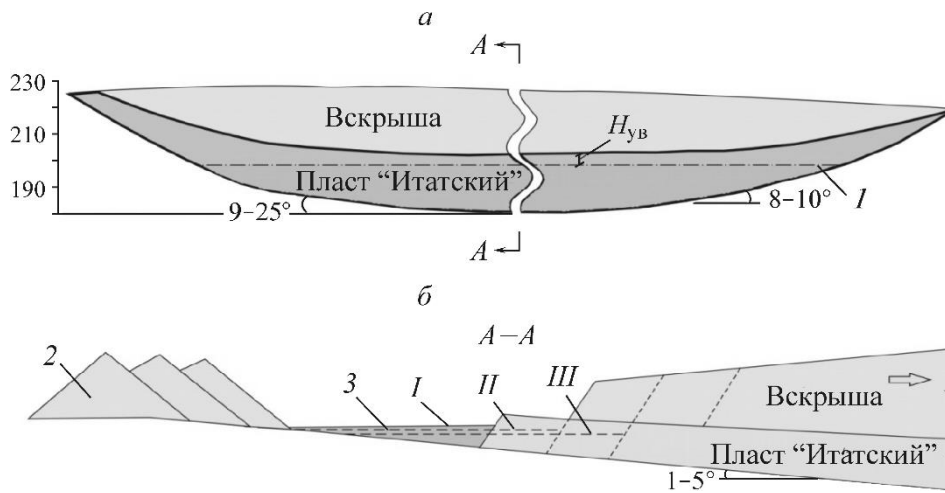


Рис. 2. Схема формирования технологического водоема: *а* — по простиранию пласта (с запада на восток); *б* — по падению пласта (с юга на север (*I* — урез воды водоема; 2 — бестранспортные отвалы вскрышных пород; 3 — технологический водоем; *I*, *II*, *III* — текущее положение уреза воды водоема;  $H_{ув}$  — безопасный уровень воды технологического водоема;  $\Rightarrow$  — направление продвижения фронта горных работ

Удаление из выработанного пространства карьерных вод в первый период намечается с помощью открытого водоотлива в пруд-отстойник, размещаемый за границами поля разреза. Следует подчеркнуть подвижный характер технологического водоема, обусловленный постоянным продвижением фронта горных работ по падению пласта (рис. 2б, положения *I* – *III*), что, в свою очередь, обеспечивает высвобождение свободной площади по почве пласта для развития гидроотвала. Непременным условием функционирования водоема является поддержание его безопасного уровня  $H_{ув}$  — ниже кровли подтопленного угольного уступа, исключающего затопление добычного оборудования (цепных экскаваторов, ленточных конвейеров). В условиях рассматриваемого разреза, исходя из приемной способности водоема и возможных максимальных притоков ливневых вод, этот уровень принят на 3 м ниже верхней бровки подтопленного уступа. Принимая во внимание изменчивость гипсометрии кровли уступа, указанное расстояние касается самой пониженной его точки. На случай аварийной ситуации, вызванной, например, обильными и продолжительными осадками или бурным снеготаянием (с переполнением водоема) предусматривается использование “плавучей” насосной станции, оборудованной насосами ЦНС-300×240 общей производительностью 2100 м<sup>3</sup>/ч, размещаемой на понтонах в зоне технологического водоема с не загрязненной водой. Сброс излишних объемов воды намечается в пруд-отстойник разреза. Технологический водоем с расчетным объемом порядка 40 млн м<sup>3</sup> в рассматриваемой технологии выполняет функции водосборника для аккумуляции карьерных вод и одновременно источника водоснабжения гидромеханизации вскрышных работ и обеспечения технических нужд предприятия.

Расчет текущего объема технологического водоема в течение сезона гидромеханизации вскрышных работ выполнен с использованием выражения:

$$V_{ТВ} = (P_{пв} + P_{ао} + P_{ло} + P_{то}) - (P_{гм} + P_{хн} + P_{пг} + P_{и}) \text{ м}^3,$$

где  $P_{пв}$ ,  $P_{ао}$ ,  $P_{ло}$ ,  $P_{то}$  — притоки подземных вод, атмосферные осадки, ливневые осадки, твердые осадки, м<sup>3</sup>/ч;  $P_{гм}$ ,  $P_{хн}$ ,  $P_{пг}$ ,  $P_{и}$  — расход воды на обеспечение гидромониторно-землесосных комплексов и хозяйственные нужды, потери в процессе гидромеханизации вскрышных работ, испарение воды, м<sup>3</sup>/ч.

Максимальный приток подземных вод и атмосферных осадков в разрез на стабильный период его эксплуатации ожидается в размере 12–13 тыс. м<sup>3</sup>/ч, в том числе возврат воды в кругооборотную систему водоснабжения гидромеханизации вскрышных работ — 31–33 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

Анализ водного баланса разреза, представленного на рис. 3, показывает, что дефицит воды, необходимый для нужд производства, имеет место в период функционирования гидромеханизации вскрышных работ. При этом восполнение достаточного объема воды планируется за счет технологического водоема.

Из рис. 3 видно, что в первые 25 лет работы разреза его потребности на оборотное водоснабжение обеспечиваются за счет притоков воды, ее дефицит в последующие годы ожидается в связи с уменьшением притоков (по причине срабатывания статических запасов воды) и увеличением мощности вскрышных пород. В этом случае восполнение дефицита будет осуществляться за счет увеличенного объема забора воды из технологического водоема и при необходимости из поверхностных источников.

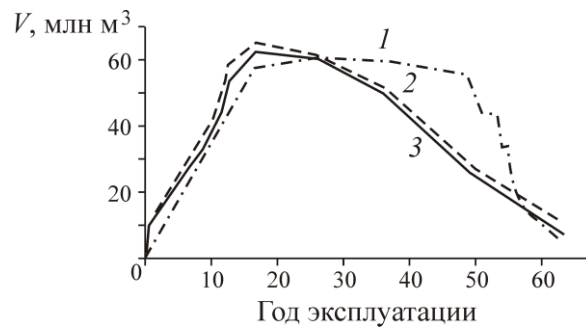


Рис. 3. Динамика потребления водных ресурсов при эксплуатации разреза “Урюпский”: 1 — расход воды на оборотное водоснабжение; 2 — общий водоприток с учетом атмосферных осадков; 3 — водоприток за счет подземных вод [9]

Объемы притока и потерь воды на оборотное водоснабжение в течение года приведены на рис. 4

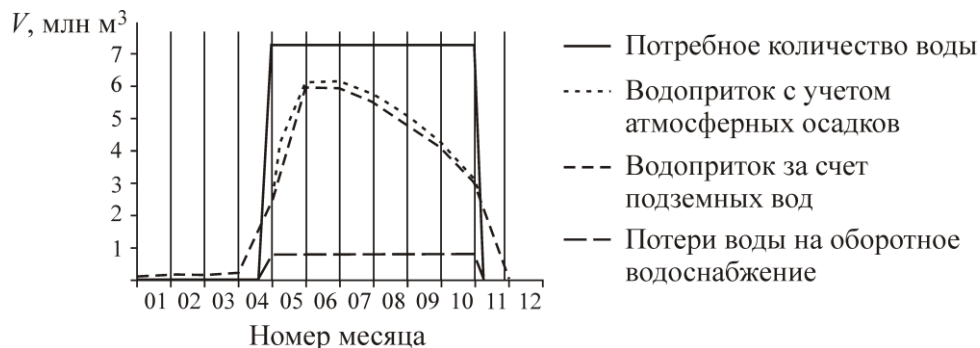


Рис. 4. Водный баланс разреза “Урюпский”

## ВЫВОДЫ

Установлено, что освоение обводненных буроугольных месторождений Канско-Ачинского бассейна с применением традиционных способов их осушения недостаточно эффективно. С учетом особенностей горно- и гидрогеологических условий месторождений бассейна предложена технология их разработки без предварительного осушения продуктивной толщи, обеспечивающая рациональное использование карьерных вод в замкнутом цикле добычи угля, на основе: организации технологического водоема для сбора всех поступающих подземных вод и атмосферных осадков в поле разреза; гидромеханизированной селективной отработки массивов слабоцементированных вскрышных пород с крепкими включениями; складирование гидросмеси вскрышных пород в гидроотвале, размещаемом в выработанном карьерном пространстве.

Предлагаемая технология отработки обводненного буроугольного месторождения предоставляет возможность сокращения непроизводительных затрат на добычу угля и снижения негативного воздействия открытых горных работ на природную среду.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Galkin V. A., Kilin A. B., Makarov A. M., Sokolovsky A. V., and Shapovalenko G. N.** On improving the efficiency of coal mines in Russia, *Mining Journal*, 2012, no. 8, pp. 5–8. [**Галкин В. А., Килин А. Б., Макаров А. М., Соколовский А. В., Шаповаленко Г. Н.** О повышении эффективности работы угольных разрезов России // *Горный журнал*. — 2012. — № 8. — С. 5–8.]
2. **Guzeev A. A., Kislyakov V. E., and Efremov A. Yu.** Systematization of modern methods of preparation and development of watered deposits, *Modern technologies of mineral resources development: materials of the X International Scientific and Technical Conference, Krasnoyarsk, IPK SFU, 2012*, pp. 116–126. [**Гузеев А. А., Кисляков В. Е., Ефремов А. Ю.** Систематизация современных способов подготовки и разработки обводненных месторождений // *Современные технологии освоения минеральных ресурсов: материалы X Междунар. науч.-техн. конф.* — Красноярск: ИПК СФУ, 2012. — С. 116–126.]
3. **Izotov A. A., Ponomarenko Yu. V., Streltsov V. I., Machekhina I. Yu., and Moskovchenko G. Yu.** Improvement of methods of drainage of deep-lying mineral deposits, *Mining Journal*, 2013, no. 12, pp. 49–53. [**Изотов А. А., Пономаренко Ю. В., Стрельцов В. И., Мачехина И. Ю., Московченко Г. Ю.** Совершенствование способов осушения глубокозалегающих месторождений полезных ископаемых // *Горный журнал*. — 2013. — № 12. — С. 49–53.]
4. **Oparin V. N., Mattis A. R., and Cheskidov V. I.** State and prospects of open mining of solid minerals in the fields of Siberia, *geotechnological problems of integrated development of mineral resources: materials of the scientific and technical conference, Yekaterinburg, 2008*, pp. 67–74. [**Опарин В. Н., Маттис А. Р., and Ческидов В. И.** Состояние и перспективы открытой добычи твердых полезных ископаемых на месторождениях Сибири // *Геотехнологические проблемы комплексного освоения недр: материалов науч.-техн. конф.* — Екатеринбург, 2008. — С. 67–74.]
5. **Guzeev A. A., Kislyakov V. E., and Veretenova T. A.** Analysis of the ground water regime in the development of watered mineral deposits, *The scientific journal of Siberian Federal University: series “engineering and technology”*, 2014, no. 7, pp. 17–20. [**Гузеев А. А., Кисляков В. Е., Веретеннова Т. А.** Анализ режима грунтовых вод при разработке обводненных месторождений полезных ископаемых // *Научный журнал СФУ: сер. “Техника и технология”*. — 2014. — № 7. — С. 17–20.]
6. **Feasibility study for the construction of the Uryupsky open pit Krasnoyarskugol, Sibgiroshakht, 1982**, vol. 2, 239 pp. [**Технико-экономическое обоснование** строительства разреза “Урюпский” п.о. “Красноярскуголь”. — Сибгирошахт, 1982. — Т. 2. — 239 с.]
7. **Reznik A. V.** Substantiation of technology for open development of flooded brown coal deposits with dipping beds of high power: dis. ... Cand. Tech. Sci., *Novosibirsk, 2019*, 138 pp. [**Резник А. В.** Обоснование технологии открытой разработки обводненных бурогоугольных месторождений с пологопадающими пластами большой мощности: дис. ... канд. техн. наук. — Новосибирск, 2019. — 138 с.]
8. **Semenova K. M.** The influence of the terrain and the technology of alluvium on the efficiency of dumping, *Mine Surveying Bulletin*, 2013, no. 4 (95), pp. 37–40. [**Семенова К. М.** Влияние рельефа местности и технологии намыва на эффективность гидроотвалообразования // *Маркшейдерский вестник*. — 2013. — № 4 (95). — С. 37–40.]
9. **Reznik A. V. and Cheskidov V. I.** Technology of open development of flooded brown coal deposits of the Kansk-Achinsk basin, *Jornal of Mining Science*, 2019, no. 1, pp. 106–115. [**Резник А. В., Ческидов В. И.** Технология открытой разработки обводненных бурогоугольных месторождений Канско-Ачинского бассейна // *ФТПРПИ*. — 2019. — № 1. — С. 106–115.]