

DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.13.3.007

УДК 504.03:622:332.74

© Д.В. Ботвенко, В.И. Жогло, А.Н. Бердников, 2019

Д.В. БОТВЕНКО

канд. техн. наук,
зав. лаборатории проектирования
горных производств
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: d.botvenko@nc-vostnii.ru



В.И. ЖОГЛО

главный маркшейдер лаборатории
проектирования горных производств
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: zhoglo.vladimir@mail.ru



А.Н. БЕРДНИКОВ

ведущий маркшейдер лаборатории
проектирования горных производств
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: berdnikov-an@mail.ru



ВЫБОР КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ БЕЗОПАСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье рассмотрены вопросы проблемы строительства зданий и сооружений на ранее подработанных площадях, возможность использования подработанных территорий под тот или иной вид строительства либо для нужд сельского хозяйства.

Ключевые слова: ПОДРАБОТАННЫЕ ТЕРРИТОРИИ, ГОРНАЯ ВЫРАБОТКА, БЕЗОПАСНОСТЬ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ, ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ.

Стремительный рост промышленности, начавшийся в XX веке, привел к существенно увеличению освоения недр Земли. Это стало причиной того, что значительные территории, пригодные для проживания, оказались подработанными горными выработками.

За последние два десятилетия проблема освоения ранее подработанных территорий с

целью последующего строительства зданий и сооружений существенно выросла. Началось повсеместное закрытие горнодобывающих предприятий, что вызвало превышение объемов строительства на территориях, подлежащих подработке, над объемами строительства на ранее подработанных территориях. Проблема усугубляется тем, что после закрытия

горнодобывающего предприятия геомеханические и гидрогеологические процессы в толще пород и на земной поверхности продолжают, а возможности контролировать эти процессы отсутствуют из-за неимения доступа к горным выработкам.

Одним из важных факторов, осложняющих условия строительства на ранее подработанных территориях, является фактор изменения (нарушения) земной поверхности в результате подземной отработки месторождений угля, которая может вызывать провалы, оседания поверхности, деформацию зданий, сооружений, нарушение их целостности.

В данных условиях строительство зданий и сооружений должно вестись в соответствии со СП 21.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.01.09-91) «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах», «Инструкцией о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок» (РД 07-113-96 от 28.03.1996), «Методическим руководством о порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса технических мероприятий по выявлению и ликвидации пустот при ликвидации шахт».

Строительство сооружений разного типа и назначения на подработанных территориях связано с риском активизации незавершившихся процессов сдвижения, которые вызывают повреждения в возведенных зданиях и сооружениях. Поэтому подработанные площади не используются для хозяйственных нужд, на их месте образуются пустыри и свалки, при этом зачастую возникают экономические и социальные проблемы, вызванные присутствием потенциально опасных земель в черте городов. Особенно остро эти проблемы стоят в Кузбасских городах (Ленинск-Кузнецкий, Белово, Киселевск, Прокопьевск и др.), где подработанные территории находятся в экономически освоенных и застроенных районах.

В настоящее время отсутствует единый системный подход к определению возможности застройки территорий, подработанных

подземными горными работами. В связи с этим разработка научно обоснованного подхода к оценке возможности использования подработанных территорий, учитывающего современное состояние процесса сдвижения, представляет собой актуальную научную и практическую задачу.

Современные методические подходы, используемые для оценки возможности использования подработанных территорий, подразделяются на: измерение деформаций; аналитические расчеты деформаций и оценку устойчивости поверхности; поиск и оконтуривание пустот геофизическими методами.

В современных нормативных документах по охране сооружений от вредного влияния подземных горных работ, использование подработанных территорий разрешается после того, как оседания не превышают 50 мм/год. Однако в некоторых горно-геологических условиях процесс сдвижения протекает скрытно иногда более десятка лет, после чего на поверхности образуются провалы.

Наиболее неопределенными территориями по степени опасности при строительстве и проживании на них следует считать выделяемые в проектах ликвидации шахт опасные зоны от вскрывающих выработок, шурфов и стволов, пройденных в 30–50-е годы и ликвидированных с помощью сооружения оградительных полков, документация на ликвидацию которых отсутствует, а также от очистных выработок. В те годы применялась в основном ручная отбойка угля при столбовой, камерной и камерно-столбовой системах отработки. Горно-графическая документация часто не сохранена, либо сохранена в качестве, не позволяющем достоверно определить положение очистных и подготовительных выработок. Позже начала широко применяться система ДСО, требования к качеству и сохранности горно-графической документации существенно возросли, что позволяет более достоверно определить положение очистных и подготовительных выработок.

Возможность использования подработанных территорий под тот или иной вид строительства либо для нужд сельского хозяйства

определяется по следующей схеме:

1. На основании исследований составлена классификация условий использования подработанных территорий, которая вошла в нормативный документ «Методическое руководство о порядке выделения провалоопасных зон...», согласованный с Ростехнадзором.

Установлено, что различные подработанные территории по-разному могут быть использованы в хозяйственных нуждах.

На основании этого составлена классификация подработанных территорий по степени их пригодности для дальнейшего использования в хозяйственных целях (табл. 1). В качестве основного классификационного признака принята высота зоны обрушения вышележащей толщи, определяющая степень потенциальной опасности для объектов, располагаемых на подработанной территории.

Данная классификация направлена на повышение безопасности и эффективности освоения подработанных территорий за счет своевременного определения степени потен-

циальной опасности, в зависимости от характера подработки и планируемых условий использования подработанной территории.

При составлении классификации в качестве основного классификационного признака принята высота зоны обрушения вышележащей толщи, определяемая из выражения

$$M \leq \frac{30\sqrt{S}}{(1,05+0,2K_t^2)f}$$

где M — высота зоны обрушений вышележащей толщи над выработкой, м; S — сечение выработки в черне, м²; f — коэффициент крепости по шкале проф. Протодеяконова М.М.; K_t — коэффициент, учитывающий продолжительность нахождения выработки в массиве, который определяется с помощью выражения:

$$K_t = 50 / (50 + t), \quad (1)$$

где t — время существования выработки в толще, год.

Таблица 1

Классификация подработанных территорий по степени их пригодности для дальнейшего использования в хозяйственных целях

Класс	Характеристика	Вариант	Условия использования
Благоприятные	Территории, под которыми отсутствуют полости в толще пород	Территории, под которыми выработки заложены пустой породой в процессе ликвидации шахты	Использование территорий без ограничений
		Территории, под которыми обнаружены полости в толще ликвидированы искусственным путем и процесс сдвижения закончился	Использование территорий для нужд сельского хозяйства без ограничений, для других целей после проведения дополнительных изысканий
Относительно благоприятные	Территории, под которыми горные выработки расположены на глубине свыше 60 м при крепости пород $10 < f < 14$	$H > M$	Использование территорий для сельского хозяйства и для строительства сооружений 3 и 4 разряда, указанных в действующих «Правилах охраны» с применением профилактических мер защиты
Неблагоприятные	Территории, под которыми горные выработки расположены на глубинах от 30 до 60 м при крепости пород $6 < f < 10$	$M30 < H < M60$	Использование территорий для нужд сельского хозяйства и для строительства сооружений 4 разряда, с применением строительных и специальных мер защиты

Класс	Характеристика	Вариант	Условия использования
Угрожаемые	Территории, под которыми горные выработки расположены на глубинах менее 30 м при крепости пород $2 < f < 6$	$H < M$	Строительство сооружений не допускается. Ограниченное использование территорий под лесопарковые зоны и для строительства подсобных помещений под контролем наблюдений
Угрожающие	Участки территорий в зоне влияния выработки, имеющих выход на земную поверхность (стволы, шурфы)	Засыпка выработок породой до уровня земной поверхности	Территории не подлежат использованию. Около стволов создается резерв породы для дополнительной подсыпки по мере просадки грунта
Непригодные	Участки территорий в зоне влияния выработки, имеющих выход на земную поверхность (стволы, шурфы и т. п.)	Установка прочных полков в выработке и засыпка пространства между ними слабо просадочной породой	Территории не подлежат использованию. Вокруг устья ствола на расстоянии, определенном проектом, возводятся прочное ограждение, высотой не менее 2,5 м, и водоотливная канава, устанавливаются знаки опасной зоны

2. Проводится анализ влияния горных работ на площадку строительства.

Общая продолжительность процесса сдвижения поверхности (T , мес.) от очистных работ и период опасных деформаций (t , мес.) определяется согласно методике «Правил охраны...» [1]

$$T = K_T \cdot \frac{H}{C} (ctg\delta_0 + ctg\varphi_3), \quad (2)$$

где H — глубина залегания пласта под рассматриваемой точкой, м;

C — средняя скорость подвигания очистного забоя, м/мес;

K_T — коэффициент определялся по [1];

δ_0 — граничный угол, $\delta_0 = 70^\circ$;

φ_3 — угол полных сдвижений, $\varphi_3 = 50^\circ$.

Период опасных деформаций $t = 0,65 T$.

Однако на территории строительной площадки возможно проявление остаточных деформаций земной поверхности от старых горных работ. В данном случае свод правил СП 21.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.01.09-91) [2] устанавливает определенные требования к проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах.

Многолетними наблюдениями за состоянием зданий и сооружений на горных отводах действующих и ликвидированных шахт Кузбасса установлено, что здания и сооружения, построенные на ранее подработанных территориях (период строительства от 5-и и более лет после окончания процесса сдвижения поверхности), подвержены повреждениям (появлениям трещин в фундаментах и стенах, наклонам стен или их деформациям, неравномерным осадкам углов и др.). При аналогичных горно-геологических условиях здания и сооружения, возведённые на неподрабатываемой территории, за один и тот же промежуток времени характеризуются отсутствием повреждений.

Процессы проявления остаточных сдвижений и деформаций массивов над горными работами могут происходить до тех пор, пока пустоты в подработанной толще не будут полностью или частично ликвидированы. Разрушенные горные породы под воздействием сжимающих напряжений уплотняются до первоначального, или близкого к нему состояния в зонах разуплотнения и трещин до установления в нарушенном массиве устойчивого равновесия.

Установлены типичные случаи проявления и активизации остаточных сдвижений и деформаций массива горных пород и земной поверхности в следующих ситуациях:

а) При наличии труднообрушаемых («тяжёлых») кровель, с длительным зависанием пород на больших площадях при короткозабойной технологии выемки пологих и наклонных пластов (камерные и камерно-столбовые системы разработки), или отработке их длинными выемочными столбами механизированных лав с оставлением устойчивых межлавных целиков. В данных случаях после окончания горных работ над выработанным пространством верхних пластов в свите могут образовываться значительные по величине трещины на поверхности и микромульды, приуроченные к краевым частям контуров выемочных столбов. При ликвидации шахты процесс таких зависаний труднообрушаемых пород может длиться 15–20 лет и более.

б) При крутом и нарушенном залегании пород, при применении систем с обрушением кровли, связанных с большими потерями угля и в результате подтопления массива, возможны процессы его усадки за счёт выноса в нижнюю часть отработанного пространства мелких частиц и, как следствие, «переупаковки» обрушенных блоков.

в) При наличии на выходах под наносы отработанных пологих пластов, за счёт сезонного изменения уровня подземных вод, при полном затоплении шахты, возможны процессы выноса и «переупаковки» обрушенных пород и просадки земной поверхности.

3. Производится расчет ожидаемых остаточных сдвижений и деформаций земной поверхности в районе площадки строительства.

Расчёт ожидаемых остаточных сдвижений и деформаций земной поверхности в районе площадки строительства выполняется в соответствии с нормами и по методике «Правил охраны...» [1], геометрических параметров очистных работ.

4. Производится расчет допустимых и предельных сдвижений и деформаций зданий, сооружений и коммуникаций при принятых конструктивных решениях в соот-

ветствии с нормами и по методике «Правил охраны...» [1] и сравнение их с показателями остаточных деформаций.

Допустимыми деформациями (показателями деформаций) земной поверхности (основания сооружений) считаются деформации, которые могут вызвать такие повреждения в сооружениях, при которых для дальнейшей их эксплуатации по прямому назначению достаточно проведения текущих ремонтных и наладочных работ.

Предельными деформациями (показателями деформаций) земной поверхности (основания сооружений) считаются такие, превышение которых вызывает аварийное состояние сооружений с угрозой опасности для жизни людей.

Согласно п. 4 «Правил охраны...» условия подработки зданий, сооружений и коммуникаций устанавливаются сравнением расчетных показателей остаточных деформаций с допустимыми и предельными показателями для этих объектов. Следовательно, строящиеся объекты на подработанных территориях должны в течение срока своей эксплуатации противостоять остаточным сдвижениям и деформациям земной поверхности. В случае превышения остаточных деформаций над предельными принимаются решения по применению конструктивных и строительных мер охраны на стадии рабочего проектирования.

5. Стадии рабочего проектирования должны предшествовать инженерно-геологические изыскания на площадке застройки, а также согласования с органами Ростехнадзора. Наиболее опасными проявлениями процессов активизации остаточных сдвижений и деформаций массива горных пород и земной поверхности являются провалы на земной поверхности и ее подтопление. На стадии инженерно-геологических изысканий для выявления на земной поверхности мест возможного образования провалов и эффективного их мониторинга, наряду с бурением инженерно-геологических скважин с испытаниями грунтов, целесообразно проводить геофизические исследования. Например, применение гравиметрических или сейсмоакустических мето-

дов измерений массива позволяет выявлять места, где образовались разуплотнения горного массива.

Для нового освоения могут быть использованы лишь неопасные зоны по выходу провалов или условно-опасные, переведенные в категорию неопасных путем ликвидации (тампонажа) пустот. Малоэтажное строительство в неопасных зонах по выходу провалов при их освоении допустимо при условии специальной инженерной подготовки территории, включающей их планировку, сооружение экранов и организованного стока бытовых вод.

Капитальное строительство в бывших зонах провалов должно быть полностью исключено ввиду возможности выноса грунтов в отработанное пространство и, как следствие, просадок поверхности и построенных объектов.

При проектировании зданий и сооружений для строительства на подработанных территориях и просадочных грунтах на стадии рабочего проектирования должны предусматриваться следующие мероприятия:

- конструктивные меры защиты зданий и сооружений;
- мероприятия, снижающие неравномерную осадку и устраняющие крены зданий и сооружений с применением различных методов их выравнивания;
- инженерную подготовку строительных площадок, снижающую неравномерность деформаций основания;
- водозащитные мероприятия на территориях, сложенных просадочными грунтами;
- мероприятия, обеспечивающие нормальную эксплуатацию наружных и внутренних инженерных сетей и пр.

7. К проекту сооружения, проектируемого на подработанной территории согласно п. 4.14 СП 21.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.01.09-91), следует прилагать специальный паспорт, в котором необходимо привести:

- краткое описание конструктивной схемы, мер защиты, осуществляемых в период строительства и эксплуатации, а также спосо-

бов выравнивания здания в случае возникновения недопустимых деформаций;

- данные о прогнозируемых величинах деформаций земной поверхности и о физико-механических характеристиках грунтов основания;
- указания по организации и проведению геотехнического мониторинга, включающего инструментальные наблюдения за деформациями здания или сооружения и земной поверхности;
- данные о результатах инструментальных наблюдений при сдаче здания или сооружения в эксплуатацию;
- план расположения неподвижных опорных реперов, которые можно использовать при наблюдениях за осадками земной поверхности, зданий и сооружений;
- средства оповещения о возникновении недопустимых деформаций по информации, полученной на основании данных мониторинга.

Паспорт должен храниться в эксплуатирующей организации.

На основе данной методики АО «НЦ ВостНИИ» выполнен анализ ранее подработанных территорий под строительство склада МТР ПЕ «Спецналадка» и склада готовой продукции ООО «СИБ-ДАМЕЛЬ» на горном отводе ликвидированной шахты им. Ярославского, цеха по ремонту гидравлики на подработанных территориях ликвидированного ОАО «Грамотеинское шахтоуправление».

По результатам проведенного анализа для каждого случая в отдельности в зависимости от условий подработки разработан комплекс мероприятий по обследованию и подготовке площадки строительства, а также рекомендаций для обеспечения безопасности при строительстве и дальнейшей эксплуатации данных объектов. Указанные рекомендации легли в основу при выборе конструктивных решений на стадии проектирования строящихся объектов, что позволило предупредить негативное влияние остаточных деформаций земной поверхности на объект в период его эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПБ 07-269-98 «Правила охраны сооружений природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях», утв. постановлением Госгортехнадзора России от 16 марта 1998 г. № 13.
2. СП 21.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.01.09-91) «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах», уст. Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
3. Методическое руководство о порядке выделения провалоопасных зон и выбора комплекса технических мероприятий по выявлению и ликвидации пустот при ликвидации шахт. М., 1999.
4. СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть V. Правила производства работ в районах с особыми природно-техногенными условиями».
5. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов, мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. Ленинград: ВНИМИ, 1984.
6. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Ленинград: ВНИМИ, 1986.
7. Особенности проявления и параметры деформационных процессов, формируемых в подрабатываемом горном массиве. Санкт-Петербург, 2006.
8. Правила безопасности в угольных шахтах. В ред. 2014.05.18. М., 2014.
9. Методические указания по решению практических задач управления горным давлением на шахтах. Л.: ВНИМИ, 1984.
10. РД 07-113-96 «Инструкции о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок».
11. Инструкция по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах. М., 2014.
12. Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами. М., 1999.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.13.3.007

UDC 504.03: 622: 332.74

© D.V. Botvenko, V.I. Zhoglo, A.N. Berdnikov, 2019

D.V. BOTVENKO

Candidate of Engineering Sciences,
Head of Mining Engineering Laboratory
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: d.botvenko@nc-vostnii.ru

V.I. ZHOGLO

Chief Mine Surveyor
Mining Engineering Laboratory
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: zhoglo.vladimir@mail.ru

A.N. BERDNIKOV

Leading Mine Surveyor
Mining Engineering Laboratory
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: berdnikov-an@mail.ru

COMPLEX SELECTION OF TECHNICAL MEASURES TO ENSURE THE SAFE USE OF SUBSIDED AREA DURING CONSTRUCTION

The article considers the problems of construction of buildings and structures on previously subsided areas, possibility of using subsided areas for a particular type of construction or for agricultural needs.

Keywords: SUBSIDED AREAS, MINING, SAFETY, RATIONAL LAND USE, DEFORMATION OF THE EARTH SURFACE, SAFETY OF POPULATION ACTIVITY.

REFERENCES

1. PB 07-269-98 «Rules for the protection of structures of natural objects from the harmful effects of underground mining in coal deposits», approved. Resolution of the Gosgortekhnadzor of Russia of March 16, 1998 № 13. (In Russ.).
2. SP 21.13330.2012 (updated version of SNiP 2.01.09-91) Buildings and structures in the undermined territories and subsiding soils, mouth. Federal Law of December 27, 2002 N 184-FZ «On Technical Regulation». (In Russ.).
3. A methodological guide on the procedure for identifying fail-safe zones and choosing a set of technical measures for identifying and eliminating voids during the liquidation of mines. M., 1999. (In Russ.).
4. SP 11-105-97 «Engineering and geological surveys for construction. Part V. Rules for the production of work in areas with special natural and technological conditions». (In Russ.).
5. Guidelines for managing rock pressure in the working faces under (above) pillars and marginal parts when developing a coal seam suite with a thickness of up to 3,5 m with a dip angle of up to 35°. L.: VNIMI, 1984. (In Russ.).
6. Guidelines for the rational location, protection and maintenance of mine workings in the coal mines of the USSR. L.: VNIMI, 1986. (In Russ.).
7. Features of the manifestation and parameters of deformation processes formed in the undermined mountain range. St. Petersburg, 2006. (In Russ.).
8. «Safety rules in coal mines». In the ed. 05.05.18. M., 2014. (In Russ.).
9. Guidelines for solving practical problems of managing rock pressure in mines. L.: VNIMI, 1984. (In Russ.).
10. RD 07-113-96 «Instructions on the procedure for approving measures to protect buildings, structures and natural objects from the harmful effects of mining». (In Russ.).
11. Instructions for the isolation of unused mine workings and mined spaces in coal mines. M., 2014. (In Russ.).
12. Instruction on the procedure for the elimination and conservation of hazardous production facilities associated with the use of subsoil. M., 1999. (In Russ.).